

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

**NYKYAIKAISTEN TILAPÄISVÄLINEIDEN KÄYTTÖ TIEDUSTELIJAN
NAAMIOINNISSA**

Kandidaatintutkielma

Kadetti

Aku Saarelainen

96. Kadettikurssi

Jalkaväkilinja

Huhtikuu 2012

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Kadettikurssi 96	Opintosuunta Tiedusteluopintosuunta
Tekijä Kadetti Aku Saarelainen	
Opinnäytetyön nimi Nykyaikaisten tilapäisvälineiden käyttö tiedustelijan naamioinnissa	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kurssikirjasto
Aika Huhtikuu 2012	Tekstisivuja 30 Liitesivuja 22
TIIVISTELMÄ <p>Tutkimuksessa tarkastellaan jääkäriprikaatin jääkäripataljoonan esikuntakomppanian tiedustelujoukkueen tiedusteluryhmien toimintaa, joka liittyy jääkäripataljoonan puolustustaisteluun sodan ajan toimintaympäristössä. Tiedusteluryhmien toiminnasta tarkastellaan 1–3 tiedustelijan vahvuisten partioiden suorittamaa tähystystiedustelua. Joukon omalla kalustolla ei kaikissa tilanteissa kyetä toteuttamaan tähystystehtävän vaatimaa naamiointia, jolloin naamioinnin parantamiseksi voidaan käyttää joko kaupallista tai itse valmistettua tilapäisvälinettä. Nykyaikaisella taistelukentällä toimiva vastustaja käyttää tähystyksensä tukena apuvälineitä, kuten valonvahvistinta, joten naamioinnin on toimittava myös valonvahvistimella tähystettäessä. Tässä tutkimuksessa pyritään selvittämään tiedustelijan naamiointiin käytettävien tilapäisvälineiden naamiointikykyä valonvahvistimella suoritettua tähystystä vastaan.</p> <p>Joukon tarvetta tilapäisvälineille tarkasteltaessa on käytetty aineistona pääsääntöisesti kotimaisia oppaita ja ohjesääntöjä. Kotimaisten oppaiden mukaista toimintaa on verrattu myös ulkomaisiin oppaisiin. Aineistona naamioinnin teoriaa käsittelevään osioon on käytetty suomalaista ja ulkomaista sotatekniikan alan kirjallisuutta. Tutkimuksessa tarkasteltiin seuraavia tilapäisvälineitä: kahta kaupallista ja yhtä omavalmisteista naamiopukua, kahta naamiointimaalia sekä kahta naamiointiteippiä. Tilapäisvälineiden naamiointiominaisuuksien vertailu perustuu helmikuussa 2012 Hämeenlinnassa Puolustusvoimien Länsi-Suomen Huoltorykmentin Talousvarikolla suoritettuihin mittauksiin.</p> <p>Tutkimuksessa tutkituista tilapäisvälineistä vain omavalmisteinen naamiopuku tarjosi kattavan suojan valonvahvistimella toteutettua tähystystä vastaan. Kaupallisten naamiopukujen tarjoama naamiointi oli puutteellinen, kuten myös molempien naamiointiin tarkoitettujen aerosolimaalien. Toinen tarkastelluista naamioitepeistä kykeni osittaiseen naamiointiin, mutta toisella naamiointi jäi puutteelliseksi.</p> <p>Tutkimuksessa selvisi, että vaikka sopivia varusteita tiedustelijoiden naamioinnin parantamiseen on saatavilla, ei varusteen näkyvän valon naamiointiominaisuudet ole tae naamioinnin toiminnasta valonvahvistimella toteutettua tähystystä vastaan. Tutkituista kaupallisista välineistä yksikään ei yltänyt kattavaan naamiointiin, mutta silti ei voida sulkea pois mahdollisuutta, että markkinoilla on saatavilla myös käyttäjänsä hyvin naamioivia tilapäisvälineitä.</p>	
AVAINSANAT häivetekniikka, naamiointi, naamiopuku, tiedustelu, tilapäisväline, valonvahvistin	

SISÄLLYSLUETTELO

NYKYAIKAISTEN TILAPÄISVÄLINEIDEN KÄYTTÖ TIEDUSTELIJAN NAAMIOINNISSA

1.	JOHDANTO	1
1.1.	Tutkimusongelma ja alaongelmat	2
1.2.	Tutkimusympäristö ja rajaukset	2
1.3.	Tutkimusmenetelmät, aineisto ja tutkimuksen rakenne	4
1.4.	Aikaisempi tutkimus	5
2.	TUTKIMUKSEN PERUSTEET.....	7
2.1.	Jääkäripataljoonan tiedustelujoukkue puolustuksessa	7
2.2.	Mekanisoidun vastustajan valvontakyky	10
2.3.	Naamioituminen.....	11
2.4.	NIR-alueen tähytys valonvahvistimella ja siltä suojautuminen	12
3.	TIEDUSTELIJAN HENKILÖKOHTAINEN NAAMIOINTI.....	16
3.1.	DIY-puku	16
3.2.	Jack Pyke 3D -naamiopuku.....	19
3.3.	Mil-Tec -naamiopuku.....	20
4.	ASE- JA TÄHYSTYSKALUSTON NAAMIOINTI.....	22
4.1.	Aseen ja tähytyskaluston naamiointi DIY-keinoilla.....	22
4.2.	Aseen ja tähytyskaluston naamiointi COTS-tuotteilla	23
4.3.	Erilaisten naamiointikeinojen suoja NIR-alueen tähytystä vastaan	25
5.	JOHTOPÄÄTÖKSET	27
5.1.	Tutkimustulokset.....	27
5.2.	Jatkotutkimustarpeet	30

LÄHTEET

LIITTEET

KUVALUETTELO

- Kuva 1. Tähystysaseman yleisjärjestelyt sekä muut tiedusteluryhmän miehittämät tähystyspaikat [11, s. 45, 91, 98]. Sivut 8. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 2. Sähkömagneettinen spektri. Sivut 12. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 3. Mikrokanavalevytekniikkaan perustuvan valonvahvistimen toiminta [6, s. 351]. Sivut 13. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 4. Desert Disruptive Pattern Material -kankaan (D-DPM) beigen pohjaväriin heijastuskäyrä. Sivut 14. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 5. Heijastuksen intensiteetin merkitys kontrastin häivyttämisessä. Sivut 15. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 6. Sipi-mallinen DIY-naamiopuku. Sivut 17. Jorma Piirainen 2012.
- Kuva 7. Jack Pyke 3D -naamiopuku. Sivut 19. Raija Ketola 2012.
- Kuva 8. Mil-Tec -naamiopuku. Sivut 20. Jorma Piirainen 2012.
- Kuva 9. Luonnonmateriaaleilla sekä hylkyvaatetusmateriaalilla naamioitu ase. Materiaaleina käytetty havuja, puuvillakangasta sekä vetolankaa. Sivut 22. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 10. Aerosolimaaleilla maalattu ase. Sivut 24. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 11. Tutkimuksessa käsitellyt COTS-naamiointimateriaalit. Sivut 25. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 12. Sipi-mallinen DIY-naamiopuku. Oikeanpuoleinen kuva on otettu valonvahvistimen läpi. Liite 1. Jorma Piirainen 2012.

- Kuva 13. Sipi-mallisen DIY-naamiopuvun rakenne. Liite 1. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 14. Sipi-mallisen DIY-naamiopuvun lakin kiinnitys. Liite 1. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 15. Jack Pyke 3D -naamiopuku. Liite 2. Raija Ketola 2012.
- Kuva 16. Jack Pyke 3D -naamiopuvun rakenne. Liite 2. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 17. Jack Pyke 3D -naamiopuvun pohjakankaan kuviointi. Liite 2. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 18. Mil-Tec -naamiopuku. Oikeanpuoleinen kuva on otettu valonvahvistimen läpi. Liite 3. Jorma Piirainen 2012.
- Kuva 19. Mil-Tec -naamiopuvun säilytys- ja kuljetuspussi. Liite 3. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 20. Mil-Tec -naamiopuvun rakenne. Liite 3. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 21. Mil-Tec -naamiopuvun pohjaverkko ja juuttinippujen kiinnitys. Liite 3. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 22. Naamiointimateriaaleilla käsitellyt kohteet. Oikeanpuoleinen kuva on otettu valonvahvistimen läpi. Oikeanpuoleisessa kuvassa Krylon-maalilla maalattu näytepala oikealla. Liite 4. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 23. Aerosolimaaleilla maalattu ase. Alempi kuva on otettu valonvahvistimen läpi. Aseen maalaamiseen käytetyt maalit eivät ole samoja kuin tutkimuksessa tarkastellut. Liite 4. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 24. Luonnonmateriaaleilla naamioitu ase. Alempi kuva otettu valonvahvistimen läpi. Liite 4. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 25. Mil-Tec -naamioteipillä naamioitu ase. Alempi kuva otettu valonvahvistimen läpi. Liite 4. Aku Saarelainen 2012.

- Kuva 26. Ylhäältä alas: Aerosolimaaleilla maalattu ase, luonnonmateriaaleilla naamioitu ase, Mil-Tec -naamiointiteipillä naamioitu ase sekä naamioimaton ase. Liite 4. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 27. Ylhäältä alas: Aerosolimaaleilla maalattu ase, luonnonmateriaaleilla naamioitu ase, Mil-Tec -naamiointiteipillä naamioitu ase sekä naamioimaton ase. Kuva on otettu valonvahvistimen läpi. Liite 4. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 28. D-DPM pohjaväri (vasen, vaaleampi sävy), D-DPM ruskea (vasen, tummempi sävy), D-DPM kääntöpuoli (oikea). Liite 5. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 29. Vasemmalta oikealle: DPM ruskea, DPM kääntöpuoli, DPM vihreä. Liite 5. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 30. Jack Pyke 3D -naamiopuvun pohjaverkko. Liite 6. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 31. Vasemmalta oikealle: Jack Pyke beige, Jack Pyke hiilenharmaa, Jack Pyke vihreä. Liite 6. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 32. Vasemmalta oikealle: Mil-Tec ruskea juutti, Mil-Tec vihreä juutti, Mil-Tec pohjaverkko. Liite 7. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 33. Ylhäältä alas: Motip-naamiointimaalilla käsitelty kohde, Krylon-naamiointimaalilla käsitelty kohde. Liite 8. Aku Saarelainen 2012.
- Kuva 34. Vasemmalta oikealle: Mil-Tec -naamiointiteipillä käsitelty kohde, Panzerklebeband-teipillä käsitelty kohde. Mil-Tec -naamiointiteipistä mitattiin ruskea ja tummanvihreä väri. Liite 8. Aku Saarelainen 2012.

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Naamiopukujen ominaisuuksien vertailu. Sivu 28. Aku Saarelainen 2012.

Taulukko 2. COTS-naamiointimateriaalien ominaisuuksien vertailu. Sivu 29. Aku Saarelainen 2012.

KAAVIOLUETTELO

Kaavio 1. D-DPM -kankaan pohjavärin mittaustulokset. Liite 5. Aku Saarelainen 2012.

Kaavio 2. D-DPM -kankaan ruskean värin mittaustulokset. Liite 5. Aku Saarelainen 2012.

Kaavio 3. D-DPM -kankaan kääntöpuolen mittaustulokset. Liite 5. Aku Saarelainen 2012.

Kaavio 4. DPM-kankaan ruskean värin mittaustulokset. Liite 5. Aku Saarelainen 2012.

Kaavio 5. DPM-kankaan vihreän värin mittaustulokset. Liite 5. Aku Saarelainen 2012.

Kaavio 6. DPM-kankaan ruskean värin mittaustulokset. Liite 5. Aku Saarelainen 2012.

Kaavio 7. Jack Pyke 3D -naamiopuvun pohjaverkon mittaustulokset. Liite 6. Aku Saarelainen 2012.

Kaavio 8. Jack Pyke 3D -naamiopuvun lehtikuvion beigen värin mittaustulokset. Liite 6. Aku Saarelainen 2012.

Kaavio 9. Jack Pyke 3D -naamiopuvun lehtikuvion hiilenharmaan värin mittaustulokset. Liite 6. Aku Saarelainen 2012.

Kaavio 10. Jack Pyke 3D -naamiopuvun lehtikuvion vihreän värin mittaustulokset. Liite 6. Aku Saarelainen 2012.

- Kaavio 11. Mil-Tec -naamiopuvun ruskean juutin mittaustulokset. Liite 7. Aku Saarelainen 2012.
- Kaavio 12. Mil-Tec -naamiopuvun vihreän juutin mittaustulokset. Liite 7. Aku Saarelainen 2012.
- Kaavio 13. Mil-Tec -naamiopuvun pohjaverkon mittaustulokset. Liite 7. Aku Saarelainen 2012.
- Kaavio 14. Motip-naamiointimaalin mittaustulokset. Liite 8. Aku Saarelainen 2012.
- Kaavio 15. Krylon-naamiointimaalin mittaustulokset. Liite 8. Aku Saarelainen 2012.
- Kaavio 16. Panzerklebeband-teipin mittaustulokset. Liite 8. Aku Saarelainen 2012.
- Kaavio 17. Mil-Tec -naamiointiteipin ruskean värin mittaustulokset. Liite 8. Aku Saarelainen 2012.
- Kaavio 18. Mil-Tec -naamiointiteipin vihreän värin mittaustulokset. Liite 8. Aku Saarelainen 2012.

NYKYAIKAISTEN TILAPÄISVÄLINEIDEN KÄYTTÖ TIEDUSTELIJAN NAAMIOINNISSA

1. JOHDANTO

Jääkäripataljoonan puolustusaseman etualueella toimiva tiedusteluryhmä voi taistelujen nopeasti muuttuvasta luonteesta johtuen joutua suorittamaan tähystystiedustelua paikasta, jota ei ole kyetty valmistelemaan. Tilapäistähystyspaikassa toimivalla 2–4 tiedustelijan tiedustelu-partiolla tai yksittäisellä tiedustelijalla ei ole käytössään kiinteän katetun tähystyspaikan tarjoamaa suojaa. Tällöin korostuu tarve mukana kuljetettaville lisänaamiointia tarjoaville varusteille. Joukon omaan kalustoon ei välttämättä kuulu tarkoitukseen soveltuvia varusteita, jolloin on käytettävä tilapäisvälineitä.

Tilapäisväline voi olla käyttäjän itsensä rakentama omaan kalustoon kuuluvia varusteita ja hylkymateriaaleja hyödyntävä ”Do-It-Yourself” -tyyppinen varuste (DIY), tai siviilimarkkinoilta hankittu kaupallinen valmis tuote, eli niin sanottu ”Commercial-Off-The-Shelf” -tuote (COTS).

COTS-tuotteen ja DIY-varusteen raja voi joskus olla häilyvä. Osassa naamiointiratkaisuja saattaa esiintyä elementtejä molemmista vaihtoehtoista. Erityisesti näkyvän valon alueella tapahtuvalta tähystykseltä suojautuminen on hyvin toimintaympäristökohtaista. Yksittäinen COTS-tuote ei voi näin ollen aina toimia jokaisessa eri maastotyyppissä, vaan tarvitsee usein käyttäjän toteuttamaa naamioinnin parantelua. Samoin osa tutkimuksessa käsitellyistä COTS-tuotteista on vain naamiointimateriaaleja, joilla käyttäjä itse toteuttaa naamioinnin, eivät siis läheskään valmiita naamiointiratkaisuja.

Mekanisoitu vastustaja suorittaa nykyaikaisella taistelukentällä visuaalista valvontaa käyttäen myös apuvälineitä, kuten valonvahvistinta. Näin ollen on oleellista, että käyttöön otettava tilapäisväline naamioi käyttäjänsä näkyvän valon lisäksi myös valonvahvistimen havaitsemalla lähi-infrapuna -alueella (Near InfraRed, NIR).

1.1. Tutkimusongelma ja alaongelmat

Tutkimuksen tutkimusongelma on:

Millä eri tilapäisvälineillä voidaan toteuttaa ilman katetun tähystyspaikan suojaa toimivien tähystystehtävää suorittavien tiedustelijoiden lisänaamiointi?

Tutkimuksen alatutkimusongelmia ovat:

Mikä on näkyvän valon alueella naamioivien naamiopukujen naamiointikyky NIR-alueella toimivaa valonvahvistinta vastaan?

Mikä on näkyvän valon alueella naamioivien naamiointimateriaalien naamiointikyky NIR-alueella toimivaa valonvahvistinta vastaan?

1.2. Tutkimusympäristö ja rajaukset

Käsiteltävä joukko on jääkäriprikaatin jääkäripataljoonan esikuntakomppanian alainen tiedustelujoukkue sodan ajan toimintaympäristössä. Tiedustelujoukkueesta tarkastellaan tiedusteluryhmiä, 2–4 tiedustelijan tiedustelupartioita sekä yksittäisiä tiedustelijoita. Tehtävätyypit, joissa tiedustelijoiden tarvitsemaa lisänaamiointia tarkastellaan, ovat jääkäripataljoonan puolustustaisteluun liittyvä tähystystiedustelu sekä kohteentiedustelu. Joukon toimintaa tarkastellaan tehtävissä, joissa se suorittaa tähystystä ilman kiinteiden rakenteiden tarjoamaa suojaa vastustajan tähystykseltä.

Tässä tutkimuksessa naamioinnilla tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla pyritään estämään tiedustelijan havaitseminen sekä tunnistaminen. Naamioitumisen kokonaisuus on jaettu tiedustelijan henkilökohtaiseen naamiointiin sekä tiedustelijan henkilökohtaisen ase- ja partiokohtaisen tähystyskaluston naamiointiin.

Uhka, jota vastaan tiedustelijoiden naamiointia pyritään kehittämään, on A2 harjoitusvastustajan taktiikkaa noudattavan vastustajan suorittama visuaalinen valvonta näkyvän valon alueella sekä NIR-alueella. Tässä tutkimuksessa käsite ”näkyvän valon alue” sisältää tähystyksen sekä paljaalla silmällä että suurentavalla optiikalla, kuten kiikareilla tai kiväärrikaukoputkella. Käsitteellä ”NIR-alueen tähystys” tarkoitetaan taas valonvahvistimella suoritettua tähystystä olosuhteissa, joissa suuri osa valonvahvistimen havaitsemasta valosta on NIR-alueen silmälle näkymätöntä säteilyä. Tällainen tilanne syntyy esimerkiksi taistelujoukkojen valvoessa ympäristöään käyttäen valonvahvistimensa tukena infrapunavalonheittimiään.

Toimintaympäristö, jossa tarkastelun kohteena oleva joukko toimii, on aluskasvillisuutta, pensaikkoa sekä lehti- ja havupuita sisältävä suomalainen peltojen, vesistöjen ja muiden aukeiden rikkoma korkeusvaihtelua sisältävä metsämaasto. Tutkimuksessa tarkastellaan vuodenaajoista kevättä ja kesää, jolloin luonnossa esiintyy runsaasti lehtivihreää sisältävää kasvillisuutta. Runsas kasvillisuus asettaa naamiointivälineille vaatimuksia erityisesti NIR-alueella suoritettua valvontaa vastaan, sillä kasvillisuuden sisältämän lehtivihreän heijastavuus lisääntyy huomattavasti siirryttäessä näkyvän valon alueelta lähi-infrapuna -alueelle [8, s. 71]. Mikäli naamiointivälineessä käytetty materiaali ei käyttäydy samalla tavalla, edesauttaa se naamioitun kohteen havaitsemista.

Tutkimuksen tulokset eivät ole täysin sovellettavissa talvinaamiointiin. Lumisissa olosuhteissa naamiointivälineen merkittäväksi ominaisuudeksi nousee materiaalin heijastavuus ultraviolettisäteilyn (UV) alueella, sillä lumen heijastuskerroin tällä alueella on näkyvän valon alueeseen verrattuna huomattavasti korkeampi [6, s. 363].

Nykyaikaisilla tilapäisvälineillä tutkimuksessa tarkoitetaan tällä hetkellä saatavilla olevia COTS-tuotteita sekä joukon omin toimenpitein ja omaa kalustoa hyödyntämällä toteutettavissa olevia DIY-ratkaisuja. COTS-tuotteiden kohdalla tässä tutkimuksessa saatavilla olevaksi katsotaan tuote, joka on tutkimuksen tekohetkellä ollut mahdollista hankkia kaupallisesti.

Tutkimukseen ei ole valikoitu tilapäisvälineitä, jotka värityksensä tai rakenteensa perusteella jättäisivät selkeästi täyttämättä myöhemmänä määritellyt naamioitumisen perusteet näkyvän valon alueella paljaalla silmällä tai suurentavalla optiikalla tähystettäessä. Näin ollen ratkaiseva kriteeri tilapäisvälineiden naamiointikyvyssä on niiden tarjoama suoja tähystystä vastaan NIR-alueella.

1.3. Tutkimusmenetelmät, aineisto ja tutkimuksen rakenne

Tutkimusmenetelmänä käytetään sisällönanalyysiä sekä kirjallisuustutkimusta. Kaikki tutkimuksessa käytetyt lähteet ovat julkisia, ja näin ollen myös tutkimuksen tietoturvaluokka on julkinen. Joukon toimintaa kuvaavia tärkeitä lähteitä ovat sekä kotimaiset että ulkomaiset julkiset oppaat ja ohjekirjat. Lisäksi tähystykseltä suojautumisen fysikaalisiin perusteisiin on käytetty lähteinä alan kirjallisuutta sekä Puolustusvoimien asiantuntijoiden haastatteluja.

Tilapäisvälineiden ulkoisia ominaisuuksia on tutkimuksessa selvitetty tarkastelemalla tilapäisvälineitä silmämääräisesti. Tilapäisvälineiden muut kuin naamiointiin liittyvät ominaisuudet eivät ole tämän tutkimuksen painopisteessä, ja niitä on esitelty lähinnä siksi, että lukijalle jäisi tarkempi ymmärrys tilapäisvälineen rakenteesta. Mahdolliset tilapäisvälineiden mitatut painot ovat mitattu DePaul Design -merkkisellä kalavaa’alla. Kalavaaka on kalibroimaton, joten sadan gramman tarkkuudella annetut luvut ovat suuntaa-antavia. DIY-välineiden valmistusaikoihin liittyvät tiedot ovat peräisin välineen rakentajan haastattelusta, ja ovat niin ikään suuntaa-antavia arvioita.

Tilapäisvälineiden NIR-alueen heijastukseen liittyvät tiedot ovat peräisin Hämeenlinnassa Puolustusvoimien Länsi-Suomen huoltorykmentin Talousvarikolla 28.2.2012 suoritetuista mittauksista. Mittauksiin on käytetty Varian Cary 5000 UV-VIS-NIR -spektrofotometriä integroivalla External DRA-2500 -pallomittapäällä. Spektrofotometri on pöytätasolla käytettävä tietokoneeseen kytketty laite, joka lähettää esimerkiksi kankaasta leikattuun näytepalaan säteilyä tietyllä aallonpituusvälillä ja mittaa materiaalista takaisin heijastuneen säteilyn intensiteetin.

Tutkituista tilapäisvälineistä leikattiin näytepalat, joista mitattiin yksittäisten värien heijastavuudet valon aallonpituusalueella 300–2500 nm, mutta tutkimuksessa on keskitytty nykyaikaisten valonvahvistimien havaitsemaan alueeseen 750–1000 nm. Spektrofotometrin antamat tarkat lukuarvot ovat tutkijalla hallussa tekstimuodossa. Tutkimuksessa esitellään lukuarvojen perusteella piirrettyjä taulukoita. Spektrofotometrimittausten mahdollistamisesta on aiheellista esittää kiitokset Talousvarikon henkilökunnalle, etenkin Talousvarikon päällikkö everstiluutnantti Tero Ukonaholle, teknillinen päällikkö Pekka Vilhuselle, laboratoriomestari Päivi Lainesalolle sekä teknisen sektorin johtaja Raija Ketolalle.

Joidenkin välineiden mittaaminen oli haasteellista, kuten esimerkiksi lainassa olleen Jack Pyke 3D -naamiopuvun, josta ei voinut leikata näytepalaa mittausta varten. Verkkomaiset (valoa läpäisevät) materiaalit mitattiin vähintään neljän kerroksen paksuisina, mikä on normaali menettely Talousvarikolla.

Tutkimuksessa esiintyvät valonvahvistimen läpi ja ilman valonvahvistinta otetut valokuvat ovat tarkoitettu tutkittujen välineiden rakenteen havainnollistamiseksi, eikä niiden perusteella tehdä johtopäätöksiä. Valokuvien ottamiseen on käytetty Canon PowerShot A590 -mallista digitaalikameraa automaattiasetuksilla. Valonvahvistimen läpi otetuissa kuvissa on käytetty Patrian valmistamaa VV2002 Lite -valonvahvistinta, joka on varustettu valonvahvistimen alkuperäisellä päiväsuotimella. Valonvahvistimen läpi otetut kuvat on otettu ulkotiloissa kirkkaassa päivänvalossa.

Tutkimus jakaantuu johdannon jälkeen neljään pääosaan. Tutkimuksen perusteita käsittelevässä osassa määritellään tarkasti tiedustelijoiden tarve lisänaamioinnille, uhkamalli sekä naamioinnin fysikaaliset perusteet sekä näkyvän valon alueella että NIR-alueella. Tilapäisvälineitä käsittelevissä osissa tarkastellaan muutaman tilapäisvälineen laajuisen otannan kykyä naamioida tiedustelija sekä hänen henkilökohtainen aseensa ja partiokohtainen tähytyskalustonsa erityisesti NIR-alueella. Johtopäätöksiä käsittelevässä osassa esitellään tutkimuksen kautta mahdollisesti tutkimusongelmiin saavutetut ratkaisut sekä jatkotutkimustarpeet.

1.4. Aikaisempi tutkimus

Täsmälleen samalla rajauksella olevaa aikaisempaa tutkimusta ei löytynyt. Aikaisemmin on kuitenkin tutkittu erikseen sekä tiedustelijoiden naamioitumista että naamiomateriaalien käyttäytymistä lähi-infrapuna -alueen tähytyksen alaisena.

Kadettialikersantti Ville Hartikainen on tutkinut kadettitutkielmassaan ”Tiedustelijan suojautuminen lämpökameroilta” eri naamiointivälineiden kykyä tarjota suojaa lämpökameralla toteutettua tähytystä vastaan. Toimintaympäristö, jossa Hartikainen on naamiovälineiden tarvetta tutkinut, sisältää tiedusteluryhmän toiminnan tehtävän suorittamisen eri vaiheiden aikana. Tutkittavia vaiheita ovat siirtyminen, tähytystiedustelu, partiotiedustelu, majoittuminen sekä irtautuminen [2, s. 52–58]. Hartikainen on keskittynyt tutkimuksessaan erityisesti lämpökameraa vastaan naamiointiin, ja valonvahvistimella toteutettua tähytystä ei juurikaan huomioida. Hartikainen ei käsittele tutkimuksessaan COTS-naamiopukuja [2, s. 36].

Hartikaisen tutkimuksen mukaan useimpiin tilanteisiin sopiva naamiointiväline tiedustelijalle olisi naamioverkko. Kuitenkin Hartikainen huomauttaa, että tähystystiedustelussa ilman tähystyspaikan tarjoamaa suojaa toimivalle tiedustelijalle naamiopuku olisi naamioverkkoa sekä paremmin naamioiva ratkaisu että käyttömukavuudeltaan parempi [2, s. 58]. Lisäksi Hartikainen on havainnut, että kattamattomalla tähystyspaikalla tulee myös varusteiden naamiointiin kiinnittää erityistä huomiota [2, s. 55].

Insinöörimajuri Pekka Tulokas on diplomityössään ”Kohteiden suojaaminen naamioverkoilla” tutkinut eri naamioverkkojen kykyä suojata multispektraalista (ultraviolettialue, näkyvän valon alue, lähi-infrapuna -alue, terminen infrapuna -alue sekä tutka-alue) tähystystä vastaan. Lähi-infrapuna-alueen tähystystä vastaan suojautumista tutkiessaan Tulokas on keskittynyt lähinnä ilmasta suoritettuun valvontaan. Tutkimuksensa perusteella Tulokas on päätenyt muun muassa johtopäätökseen, jonka mukaan täydentävä naamiomateriaali on merkittävässä asemassa suojauduttaessa näkyvän valon ja lähi-infrapuna -alueella tapahtuvalta tähystykseltä [12, s. 16].

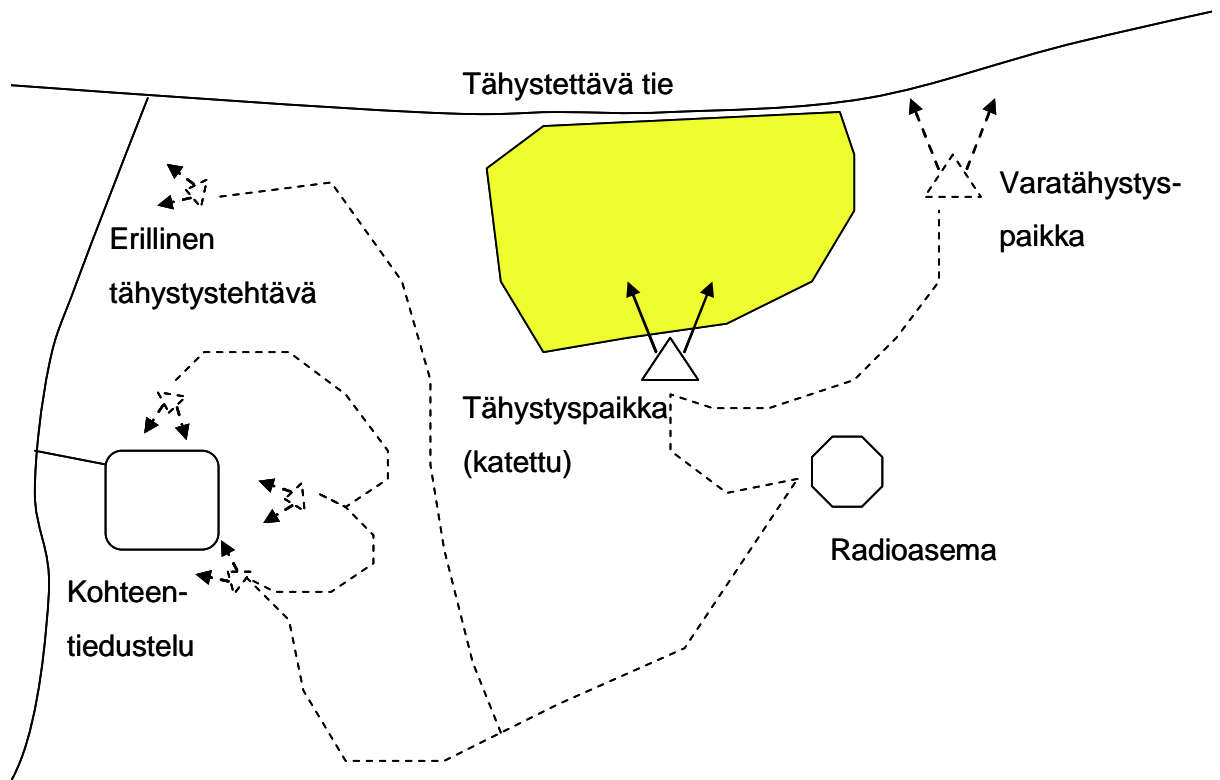
2. TUTKIMUKSEN PERUSTEET

Tutkimuksen lähtökohtana on tiedustelujoukkueen tiedustelutehtävää suorittavien ryhmien ja partioiden tarve parannetulle henkilökohtaiselle naamioinnille. Uhka, jota vastaan tiedustelutehtävää suorittava osasto suojautuu, on mekanisoitu vastustaja. Ominaisuus, jota mittaamalla tilapäisvälineellä toteutetun naamioinnin suorituskykyä tarkastellaan, on sen tarjoama suoja NIR-alueen tähystykseltä.

2.1. Jääkäripataljoonan tiedustelujoukkue puolustuksessa

Tiedustelujoukkueen tiedusteluvoima muodostuu kahdesta tiedusteluryhmästä ja yhdestä tiedustelutulenjohtopartiosta. Tiedusteluryhmään kuuluu ryhmänjohtaja, ryhmän varajohtaja sekä kuusi tiedustelijaa. Tulenjohtopartioon kuuluu tulenjohtaja, tulenjohtoaliupseeri, tulenjohtomies sekä viestimies [11, s. 38]. Puolustuksessa tiedustelujoukkuetta voidaan käyttää esimerkiksi siten, että toisesta ryhmästä irrotetaan tiedustelupartio joka yhdistetään tulenjohtopartion kanssa. Tällöin saadaan tiedustelujoukkueen kokonaistiedusteluvoimaksi yksi tiedusteluryhmä, yksi tulenjohtokykyinen tiedusteluryhmä sekä yksi tiedustelupartio [11, s. 44]. Tiedusteluryhmä ja tulenjohtokykyinen tiedusteluryhmä voidaan lähettää tehtävään, ja jäljelle jäävä tiedustelupartio jätetään tiedustelureserviin korkeaan lähtövalmiuteen [11, s. 43].

Jääkäripataljoonan ollessa puolustuksessa tiedustelujoukkueen tyypillinen tehtävä on tähystystiedustelu valmistautumistehtävineen [11, s. 43]. Tiedusteluryhmän suorittamalla tähystystiedustelulla tarkoitetaan pääsääntöisesti menetelmää, jossa tiedusteluryhmä perustaa tähystettäväksi käsketyn tieuran varrelle tähystysaseman. Perusmenetelmällä perustettuun tähystysasemaan kuuluu kaksi suurempaa elementtiä: radioasema ja tähystyspaikka. Radioasema on paikka, jossa ryhmä majoittuu ja huoltaa itsensä tehtävän aikana, sekä viestittää vihollistietoja joukkueenjohtajalle [11, s. 85]. Tähystysaseman yleisjärjestelyt ja muut tiedusteluryhmän miehittämät tähystyspaikat on kuvattu Kuvassa 1.



Kuva 1: Tähystysaseman yleisjärjestelyt sekä muut tiedusteluryhmän miehittämät tähystyspaikat [11, s. 45, 91, 98].

Tähystyspaikka on joko maanpäällinen tai maanalainen säätä ja vastustajan tähystystä vastaan suojan tarjoava rakennelma, josta käsin yhdestä kolmeen tiedustelijaa kerrallaan tähystää käskettyä tietä. Tähystyspaikka pyritään rakentamaan paikkaan, josta sen muoto ei erottuisi ympäröivästä maastosta [11, s. 87]. Lisäksi tähystyspaikka naamioidaan perusteellisesti ympäröivää maastoa vastaavilla luonnonmateriaaleilla [11, s. 86], jolloin voidaan todeta, että tähystyspaikka sulautuu maastoon hyvin niin materiaalsensa, värityksensä kuin NIR-alueen heijastuksensa osalta. Valmisteltu tähystyspaikka pyritään rakentamaan noin 200–1000 metrin päähän tähystettävästä tiestä, mutta tilapäistähystyspaikka saatetaan joutua sijoittamaan jopa vain kymmenien metrien päähän tähystettävästä kohteesta tai tiestä. Satojen metrien tähystysetaisyydet ovat yleensä saavutettavissa vain sijoittamalla tähystyspaikka siten, että sen ja tähystettävän tien väliin jää pelto tai muu aukea.

Jalkaväen suoritusvaatimusten mukaan tiedusteluryhmä kykenee ennen taistelujen alkamista siirtymään tiedustelualueelleen ja perustamaan tähystyspaikan alle kuudessa tunnissa [4, Liite 7.2: 2.2]. Oletetaan, että esikuntakomppanian ryhmitysalueelta ryhmän tiedustelualueelle johtavan reitin pituus on esimerkiksi noin neljä kilometriä [5, s. 107] ja tiedusteluryhmä kykenee siirtymään tätä maastossa omien joukkojen hallitsemalla alueella olevaa reittiä esikuntakomppanian suoritusvaatimusten mukaisella nopeudella 2 km/h [4, Liite 7.2 kohta A].

Tällöin voidaan olettaa, että koska siirtymiseen kuluu aikaa noin kaksi tuntia, niin tähtysaseman perustamiseen ja tähtystyspaikan kunnolliseen naamiointiin kuluu aikaa noin 4 tuntia. Välittömästi tiedusteluryhmän saavuttua tähtystettävän tien varteen käskää tiedusteluryhmän johtaja yhden tähtystäjän tähtystämään tietä ryhmän muiden jäsenten valmistellessa tähtystyspaikkaa [11, s. 87]. Valmistelujen aikainen tähtystäjä ei välttämättä toteuta tähtystystehtäväänsä täsmälleen samassa paikassa, johon lopullinen tähtystyspaikka rakennetaan. Valmistelujen aikaista tähtystystehtävää suorittava tähtystäjä on vailla tähtystyspaikan tarjoamaa suojaa ja naamiointielementtiä koko tämän ajan.

Tähtystysasemaan voi varsinaisen tähtystyspaikan lisäksi kuulua varatähtystyspaikka. Varatähtystyspaikka on aina tiedusteltu, mutta välttämättä sitä ei ole valmisteltu millään muulla tavalla [11, s. 90]. Varatähtystyspaikka voidaan joutua ottamaan käyttöön, mikäli esimerkiksi varsinaisen tähtystyspaikan tähtystysalalle nousee sumu, joka estää näkyvyyden tähtystettävälle tielle. Varatähtystyspaikalla tähtystystehtävää suorittavilla tähtystäjillä ei välttämättä ole tähtystyspaikkaa suojanaan, jonka lisäksi he ovat erityisen alttiita paljastumiselle, mikäli varatähtystyspaikka on jouduttu huonon näkyvyyden johdosta viemään lähelle tähtystettävää tietä.

Tiedusteluryhmän kyky valvoa yhtäjaksoisesti ja pitkäaikaisesti pataljoonan etualueella mahdollisesti olevan vastustajan toimintaa tähtystystiedustelun keinoin rajoittuu ryhmälle käsketyn tien tähtystämiseen ja tähtystysaseman lähialueen partiointiin, koska ryhmä on taistelukunnan säilyttämisen osalta sidottu tähtystysasemaan [11, s. 89]. Tiedustelujoukkue kykenee näin ollen valvomaan yhtäjaksoisesti ja pitkäaikaisesti kahta pääuraa kerrallaan. Taistelujen luonne voi edellyttää jääkäripataljoonalta hyvinkin nopeaa joukkojen käyttöä tilanteen muuttuessa yllättävästi [5, s. 15–17]. Tiedustelujoukkue ei ole tässä poikkeus, vaan tiedustelua voidaan joutua päivitetyn tilannekuvan vaatimuksista johtuen suuntaamaan uusille alueille nopeallakin aikataululla [5, s. 217].

Mikäli pataljoonan komentaja tarvitsee tilannekuvansa muodostamisen tueksi kiireellisesti tietoa vastustajan liikkeistä tiedusteluryhmien tiedustelualueiden ulkopuoliselta tieuralta, voidaan tähtystystehtävään irrottaa joko tiedustelureservistä tai pataljoonan etualueella tehtävässä olevasta tiedusteluryhmästä tiedustelupartio. Uudella alueella ei välttämättä ole valmisteltuja tähtystyspaikkoja. Lisäksi ilman tähtystysaseman tarjoamaa mahdollisuutta huoltoon ja lepoon on yksittäisen ryhmästään irrallaan toimivan tiedustelupartion toiminta-aika tähtystystehtävässä rajoitettu. Näin ollen partion ei ole välttämättä myöskään mielekästä rakentaa kunnollista tähtystyspaikkaa, etenkin kun miesmääräisesti heikon partion kyky siihen on rajattu. Tällöin

partio joutuu suorittamaan tähystystehtävää ilman tähystyspaikan tarjoamaa suojaa ja naamioelementtiä.

Tähystystiedustelussa olevalle tiedusteluryhmälle tai tiedustelureserville voidaan käskää lisäksi kohteentiedustelutehtävä [11, s. 97]. Kohteentiedustelussa taistelijapareihin jakautunut tiedustelupartio suorittaa kohteen tähystystä tilapäisluontoisista tähystyspaikoista [11, s. 98]. Alueen sijaintia, jossa tiedusteltava kohde sijaitsee, on erittäin hankala ennakoida ennen kuin tiedusteltava kohde on alueella, eikä kohteentiedustelutehtävän vaatimia tähystyspaikkoja voida näin ollen valmistella etukäteen. Kohteentiedustelutehtävää suorittavat tähystäjät ovat täten tehtävää suorittaessaan alttiita vastustajan tähystykselle ilman rakennetun tähystyspaikan tarjoamaa naamiointia.

Yhteenvedona tiedustelujoukon toiminnasta tähystystiedustelussa voidaan sanoa, että pääsääntöisesti tähystäjät kykenevät toimimaan sekä näkyvän valon alueen että NIR-alueen tähystykseltä naamioivan tähystyspaikan suojista. Tiedustelupartioille on kuitenkin todennäköistä joutua tilanteeseen, jossa tähystäjillä tarvitsevat helposti mukana kuljetettavaa ja nopeasti käyttönotettavaa naamiointiratkaisua.

Koska tiedusteluryhmä liikkuu tehtäväalueellaan jalkaisin, on yksittäisen tiedustelijan kyky kuljettaa materiaalia mukanaan rajattu. Tällöin kuljetuskunnossa olevan naamiointivälineen paino ja fyysinen koko muodostuvat tärkeiksi kriteereiksi varusteen kenttäkelpoisuuden arvioinnissa. Kevyt ja pieneen kokoon pakkautuva varuste on helpompi kuljettaa mukana kuin iso ja painava.

2.2. Mekanisoidun vastustajan valvontakyky

Tähystystehtävää suorittava partio toimii mekanisoidun vastustajan mahdollisesti käyttämän tieuran varrella. Vastustajan käyttämissä taisteluajoneuvoissa on kyky NIR-alueen tähystykseen [11, s. 18]. Ennen taistelevaa voimaa suuntaa vastustaja pataljoonan alueelle tiedusteluosiaan, jotka kykenevät taisteluajoneuvoistaan käsin suoritettuun tiedusteluun [1, s. 68]. Näköyhteyden päässä vastustajan käyttämästä tiestä tehtävää suorittava partio on altis tälle tähystykselle. Erityisen tärkeää NIR-alueen naamioituminen on siitä syystä, että taisteluajoneuvoissa käytetään valonvahvistimen tueksi voimakkaita infrapunavalonheittäimiä. Tällöin esimerkiksi yöllä pääasiallinen taisteluajoneuvon valonvahvistinjärjestelmän vastaanottama valo on infrapuna-alueen valoa.

Tiellä tapahtuvan liikenteen lisäksi vastustaja voi käyttää tärkeiden urien suunnassa jalkapartiointia, erityisesti mikäli vastustajalla on viitteitä sitä kohtaan suoritetusta tiedustelusta [11, s. 19]. Myös jalkapartioiden käyttämät asejärjestelmät voivat olla varustettu pimeänäkölaitteilla. Jalkapartioiden pääasiallinen havainnointikeino lienee kuitenkin näkyvän valon alueella toteutettu tähyystys.

Vastustajan kiinteitä kohteita vartioivat sotilaat suorittavat vartiotehtävää yleensä taisteluaajoneuvoissaan [11, s. 18]. Vartioituun kohteeseen suunnattua kohteentiedustelutehtävää suorittava tiedustelupartio on tällöin näkyvän valon alueella tapahtuvan valvonnan lisäksi altis taisteluaajoneuvon valonvahvistinlaitteistolla suoritettulle valvonnalle.

Vastustajalla on käytössään myös joissain tapauksissa terminen infrapuna -alueen (Thermal Infra-Red, TIR) tähyystykseen kykeneviä lämpötähyystimiä [11, s. 18]. Koska TIR-alueen tähyystystä vastaan suojautumista on tutkittu jo aiemmin, ja koska valonvahvistin on huomattavasti lämpötähyystintä yleisempi tähyystysväline, keskittyy tämä tutkimus nimenomaan NIR-alueen tähyystystä vastaan suojautumiseen.

2.3. Naamioituminen

Naamioitumisella tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla pyritään välttämään vastustajan naamioitulle kohteelle toteuttama maalinmääritys. Naamioituminen sisältää sekä näkyvän valon alueella että NIR-alueella naamioitumisen. Naamioitavalla kohteella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa tähyystystehtävää suorittavaa tiedustelijaa sekä tämän aseita ja muuta tehtäväkohtaista kalustoa.

Maalinmääritykseen tarvitaan kohteen havaitseminen (detection), yleistunnistaminen (recognition), tyyppitunnistaminen (identification) sekä sijainnin määrittäminen (location) [8, s. 3]. Havaitsemisella tarkoitetaan tässä tapauksessa kohteen erottamista taustastaan, yleistunnistamisella kohteen tunnistamista sotilaalliseksi kohteeksi, ja tyyppitunnistamisella kohteen tunnistamista vastapuolen tiedustelijaksi. Vaikka luotettavaan maalinmääritykseen kohteen havaitseminen ja yleistunnistaminen eivät riitä, ryhtyy vastustaja jatkotoimenpiteisiin jo näiden asteiden jälkeen. Täten naamioitumisessa oleellista on pyrkiä estämään vastustajan toteuttama havaitseminen ja yleistunnistaminen.

Paikallaan olevan kohteen visuaalinen havaitseminen helpottuu, mikäli kohteen kontrasti kohteen taustan suhteen on korkea [8, s. 3]. Jo viiden prosentin kontrasti voi riittää kohteen havaitsemiseen. Kontrasti lasketaan kaavalla [8, s. 32]:

$$\text{Visuaalinen kontrasti} = \frac{\text{kohteen valoisuus} - \text{taustan valoisuus}}{\text{taustan valoisuus}}$$

Näin ollen havaitsemista vastaan tähtäävässä naamioitumisessa tulisi keskittyä naamioitavan kohteen ja taustan välisen kontrastin madaltamiseen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että naamioitava kohde tulisi saattaa vastaamaan väritykseltään taustan värimallia.

Paikallaan olevan kohteen visuaalinen yleistunnistaminen sotilaaksi johtuu kohteen tutusta ihmismäisestä ulkomuodosta [8, s. 233]. Vaikka naamioitava kohde olisi jo havaittu, voidaan sen yleistunnistaminen välttää rikkomalla kohteen tutut muodot [6, s. 353] jolloin valvontaa suorittava vastustaja tulkitsee havaitsemansa kohteen esimerkiksi ruohomättääksi tai pensaaksi.

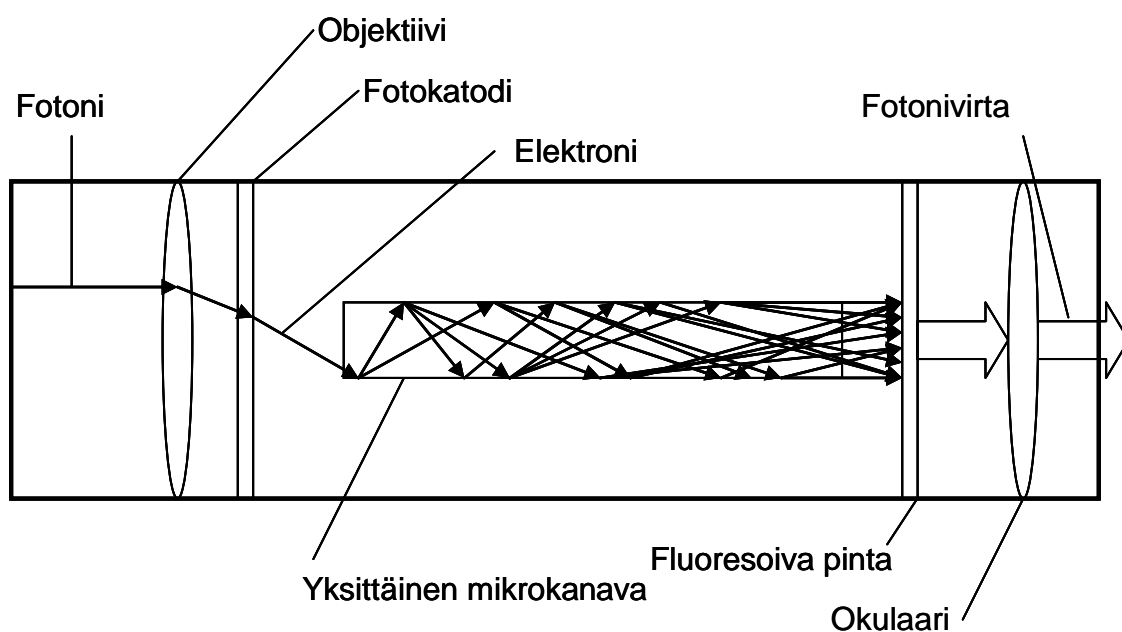
2.4. NIR-alueen tähystys valonvahvistimella ja siltä suojautuminen

Valonvahvistin on laite, joka muuntaa laitteen objektiivin vastaanottaman fotonivirran elektronivirraksi, ja taas elektronivirran monituhatkertaisesti vahvistettuaan takaisin käyttäjän visuaalisesti havainnoitavaksi kuvaksi [6 s. 349–350]. Näkyvän valon aallonpituuksilla (noin 380–740 nm) liikkuvan säteilyn lisäksi valonvahvistin vahvistaa NIR-alueen aallonpituuksilla (laitteesta riippuen noin 740–1000 nm) [8, s. 72] liikkuvaa säteilyä Kuvan 2 mukaisesti. Itsenäisesti käytetty valonvahvistin vastaanottaa pääsääntöisesti näkyvää valoa. Kuitenkin erityisesti taistelujoukoissa voidaan valonvahvistimen tueksi käyttää voimakkaita infrapunavalonheittimiä, jolloin NIR-alueen säteilyn osuus valonvahvistimen vastaanottamasta valosta kasvaa.

VALONVAHVISTIMEN HERKKYYSALUE												
ULTRAVIOLETTI			NÄKYVÄ VALO					LÄHI-INFRAPUNA				
100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
AALLONPITUUS NANOMETREINÄ												

Kuva 2. Sähkömagneettinen spektri.

Nykyaikaisten, toisen ja kolmannen sukupolven, valonvahvistimien toiminta perustuu mikrokanavalevytekniikkaan. Laitteen objektiivin kerää saapuvan valon fotokatodille, joka reagoi saapuvaan fotonin emittoimalla elektronin. Fotokatodin emittoima elektroni sinkoutuu mikrokanavalevyyn, joka koostuu miljoonista muutaman mikrometrin paksuisista ”putkista”. Kun elektroni osuu sähköisesti varattuun eristävään materiaalista rakennetun putken reunaan, emittoi se 1–3 elektronia lisää. Tämä aiheuttaa ketjureaktion. Mikrokanavasta poistuvat elektronit osuvat fluoresoivaan pintaan, joka emittoi elektronin osumasta fotonin. Fotonivirta siirtyy okulaarille, joka kokoaa kuvan käyttäjän nähtäväksi [6, s. 350]. Mikrokanavalevytekniikkaan perustuvan valonvahvistimen rakenne on esitetty Kuvassa 3.



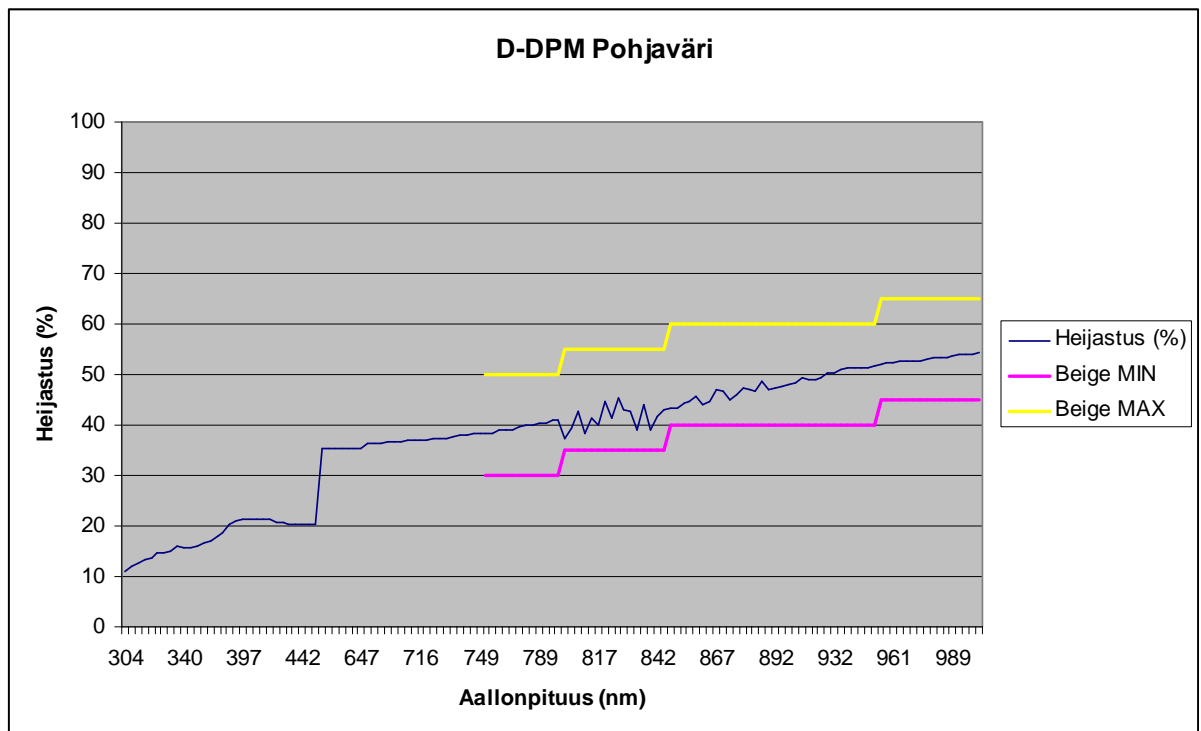
Kuva 3: Mikrokanavalevytekniikkaan perustuvan valonvahvistimen toiminta [6, s. 351].

Koska valonvahvistimella valvontaa suorittava laitteen käyttäjä tarkkailee laitteen muodostamaa visuaalista kuvaa, pätevät valonvahvistimella suoritettua tähytystä vastaan suojaautumisessa samat periaatteet kuin paljaalla silmällä suoritettua tähytystä vastaan suojaautumisessa. Kohteen havaitsemiseen sekä kohteen ja taustan väliseen kontrastiin liittyen tulee kuitenkin ottaa huomioon myös paljaalle silmälle näkymätön komponentti: NIR-alueen säteily.

Useat materiaalit heijastavat säteilyä vaihtelevia määriä riippuen siitä, mikä on säteilyn aallonpituus. Esimerkiksi kasvustossa oleva lehtivihreä heijastaa noin 10–20 % siihen osuvasta näkyvästä valosta, mutta yli 800 nm aallonpituudella tulevasta NIR-alueen säteilystä se heijastaa jopa 80 %. Näin ollen lehtivihreää sisältävä kasvusto vaikuttaa NIR-alueella tarkastel-

lessa huomattavan kirkkaalta [8, s. 71]. Mikäli materiaalin, jolla kohde on naamioitu, heijastuskäyrä vastaa kasvuston heijastuskäyrää pelkästään näkyvän valon alueella, syntyy NIR-alueella tarkasteltaessa naamioituneen kohteen ja taustan välille kontrastiero, joka johtaa kohteen helpompaan havaitsemiseen.

Tässä tutkimuksessa eri tilapäisvälineiden heijastusarvoja verrataan Puolustusvoimien Teknillisen Tutkimuslaitoksen (PVT) antamiin vaatimuksiin maastokuvioissa M05 sekä M04 käytettyjen värien NIR-alueen heijastuksesta. PVT on asettanut eri värien NIR-alueen heijastukselle ylä- ja alarajan, joiden väliin materiaalin heijastuksen tulisi sijoittua. Rajat vaihtelevat hieman aallonpituudesta riippuen, ja rajojen väliin jäävää ”hyväksyttyä aluetta” kutsutaan kanavaksi. PVT:n vaatimukset ovat esitetty tutkimuksen liitteissä olevissa näytteiden NIR-alueen heijastusta käsittelevissä kaavioissa. PVT:n vaatimusten tarkat lukuarvot ovat tutkijan hallussa.



Kuva 4: Desert Disruptive Pattern Material -kankaan (D-DPM) beigen pohjaväriin heijastuskäyrä.

Kuvassa 4 on asian havainnollistamiseksi esitetty Iso-Britannian asevoimien käyttämän D-DPM -kankaan beigen pohjaväriin heijastuskäyrä sekä PVT:n esittämä vaatimus heijastuksessa M04 käytetyn beigen värin NIR-heijastuksen osalta. Kuten kuvasta on tulkittavista, asetettu heijastuskäyrä ylä- ja alarajan väliseen kanavaan. Näin ollen voidaan kankaan NIR-

alueen naamiointi katsoa kattavaksi. PVTT:n asettamat vaatimukset kattavat aallonpituusalueen 750–2500 nm, mutta tässä tutkimuksessa keskitytään nykyisin käytössä olevien valonvahvistimien havaitsemaan 750–1000 nm aallonpituusalueeseen.

On huomioitavaa, että PVTT:n määrittämät arvot poikkeavat ainakin 20 prosenttiyksikköä julkaisun Surveillance & Target Acquisition Systems (Richardson et. al 1997) määrittämästä kasvuston heijastuvuudesta. Todennäköinen syy on suomalaisen kasvuston eroavaisuus kyseisen julkaisun alkuperämaan kasvillisuuteen, sillä PVTT:n mittausten mukaan Suomessa esiintyvien puiden lehdet heijastavat parhaimmillaankin vain noin 60–70 % [3] niihin kohdistetusta NIR-alueen säteilystä. Lisäksi voidaan olettaa, että koska maastopuku on tarkoitettu naamioitumaan useisiin erilaisiin maastoihin, ei kirkkaimman mahdollisen esiintyvän värin käyttö ole perusteltua.



Kuva 5: Heijastuksen intensiteetin merkitys kontrastin häivyttämisessä.

Kohteesta heijastuvan valon intensiteetti on tärkein suure valonvahvistimella havainnoidun kontrastin tarkastelussa, sillä valonvahvistin esittää havaitsemansa valon vihersävykuvana, joka muodostuu pelkästään vihreän värin eri kirkkauksista. Tällöin kohteen havaitseminen valonvahvistimella voi johtua NIR-alueella ympäristöään joko vähemmän tai enemmän säteilyä heijastavasta kohteesta, eli kohteesta joka näyttäytyy taustansa suhteen joko liian tummana tai vaaleana, kuten Kuvassa 5.

Valonvahvistimella suoritettua tähytystä vastaan naamioituminen sisältää siis sekä muiden naamioitumisen periaatteiden huomioon otettua että naamiointimateriaalin valinnan sen NIR-alueen heijastusominaisuuksien mukaan. Lisäksi voidaan todeta, että mikäli naamiointiin käytetään luonnonmateriaaleja, kuten havuja, lehtiä tai sammalta, noudattaa kohteen NIR-heijastus samoja arvoja kuin vastaavasta kasvillisuudesta koostuvalla toimintaympäristöllä.

3. TIEDUSTELIJAN HENKILÖKOHTAINEN NAAMIOINTI

Tässä tutkimuksessa mahdollisena ratkaisuna tiedustelijan naamiointiin käsitellään kolmea erilaista naamiopukua. Naamiopuku on yhdestä tai useammasta osasta koostuva asuste, joka puetaan tiedustelijan oman maastopuvun päälle tarjoamaan lisänaamiointia. Erilaisista ratkaisuista tässä tutkimuksessa keskitytään nimenomaan naamiopukuun sen saatavuuden ja naamiointiominaisuuksien takia. Todennäköisesti muillakin välineillä kyettäisiin vastaamaan joukon esittämään tarpeeseen, mutta yhden välinetyypin valinta yksinkertaistaa vertailuasetelmaa.

Kaikkien käsiteltyjen naamiopukujen yleisväritys on maastonvärinen, ja pukujen rakenteesta johtuen pukujen ääriviivat ovat epäsäännölliset ja käyttäjänsä muotoa rikkovat. Näin ollen voidaan todeta, että ainakin luonnonmateriaaleilla täydennettynä puku vaikeuttaa käyttäjänsä havaitsemista ja yleistunnistamista näkyvän valon alueella. Tässä tutkimuksessa ei pyritä mittaamaan näitä ominaisuuksia.

3.1. DIY-puku

DIY-naamiopuku on tähystykseltä suojautumiseen tarkoitettu vaatekappale, jonka puvun käyttäjä valmistaa itse käyttämällä pohjana joko kaksiosaista tai yksiosaista maastopukua [7, s. 370]. DIY-naamiopuvun valmistus sisältää sekä pohjana käytetyn maastopuvun naamiointiominaisuuksien kehittämisen, että muiden käyttäjän tarvitsemien muutosten tekemisen. Itse maastopuvun lisäksi naamioivun valmistaminen vaatii naamiointitarvikkeita, väriaineita, yksinkertaisia työkaluja sekä muita materiaaleja [10, s. 56].

Naamiopuvun suojaa tähystystä vastaan kehitetään ompelemalla siihen kiinni kangassuikaleita, joita voidaan valmistaa muun muassa seuraavista materiaaleista: hiekkasäkeistä, naamioverkon paloista, käytöstä poistetuista maastopuvuista ja muista sotilasvaatteista [7, s. 370]. Lisäksi pukuun ommellaan kangaslenkkejä, joihin voidaan kiinnittää tehtäväalueelta kerättyjä luonnonmateriaaleja [10, s. 56]. Muiden työvaiheiden jälkeen naamioopuku voidaan värjätä toimintaympäristön värimaailmaan sopivilla väriaineilla.

Käyttäjän vaatimusten mukaisesti pukuun voidaan lisätä myös muita ei-naamioivia ominaisuuksia, kuten hyttysverkon, taskuja, tai esimerkiksi kylmällä säällä toimimista edistävät puvun etupuolelle sijoitettavat eristävät solumuovilevyt [10, s. 53]. Lisäksi puvun maata vasten tulevaa osaa (etupuolta) voidaan vahvistaa useammalla kangaskerroksella, jotta se kestäisi

paremmin ryömimisen aiheuttamaa kulutusta [9, 4-4]. Mikäli puku on tarkoitettu käytettäväksi lämpimänä vuodenaikana, voidaan esimerkiksi takin selkämyksestä leikata osa kankaasta pois ja korvata se verkkokankaalla, jolloin puvun hengittävyys tehostuu huomattavasti [7, s. 368].



Kuva 6: Sipi-mallinen DIY-naamiopuku.

Esimerkkinä DIY-puvusta tutkimuksessa on käytetty tarkka-ammuntaharrastaja Joona Sipin valmistamaa naamiopukua (Kuva 6). Puku koostuu anorakkimallisesta takista ja siihen naamioverkolla kiinnitetystä llerihatusta (Liite 1, Kuva 14). Pohjana puvussa on käytetty Iso-Britannian asevoimien Soldier 95 Disruptive Pattern Material -mallista (jäljempänä DPM) maastopuvun takkia. Takkia itsessään on muokattu muun muassa parantamalla hengittävyyttä, lisäämällä lämpöeristeitä sekä ompelemalla peukalolenkit hihoihin.

Naamiomateriaalina takissa on käytetty vastaavasta maastopuvusta leikattuja kangassuikaleita, Dylon-kangasväreillä värjättyjä juuttikankaan suikaleita sekä luonnonmateriaalin kiinnittämiseen tarkoitettuja laskuvarjonyörin pätkiä. Materiaali on kiinnitetty takkiin joko ompelemalla tai kumiliimalla (Liite 1, Kuva 13). Puvun valmistukseen pohjana olevan takin lisäksi tarvitaan muun muassa seuraavia materiaaleja: toinen maastopuku, josta leikataan naamiointisuikaleet, noin 1 m² pienisilmäistä naamioverkkoa, liekihattu, noin 3 m² juuttikangasta, noin 1 m² huopaa sekä noin 2 m laskuvarjonyöriä. Lisäksi puvun valmistamiseen tarvitaan sakset, tulitikkuja (narujen päiden polttamiseen), ämpäri kankaiden värjäämiseen, lankaa sekä neuloja, kumiliimaa, kangasvärejä ja naamiomaalia.

Puvun valmistajan arvion mukaan vastaavanlaisen puvun rakentamiseen kuluu aikaa 2–3 vuorokautta. Varsinaisia työtunteja kertyy vähintään 12, mutta iso osa ajasta menee liiman kuivumisen odottamiseen. DIY-naamiopuvun rakentaminen onnistuu asianmukaisten ohjeiden avulla myös käyttäjältä, jolla ei ole aiheesta aikaisempaa kokemusta.

DIY-naamiopuvusta mitattiin naamiomateriaalina käytetyn DPM-puvun kankaan NIR-heijastukset ruskean värin, vihreän värin sekä kankaan kääntöpuolen osalta. Puvun pohjana käytetty takki on valmistettu samasta kankaasta. Lisäksi mitattiin naamiomateriaalina käytetyn Desert DPM -kankaan (D-DPM) NIR-heijastus ruskean värin, beigen pohjavärin sekä kankaan kääntöpuolen osalta.

DIY-naamiopuvun heijastusarvot osuivat pääsääntöisesti erittäin hyvin PVTT:n määrittämiin kanaviin (Liite 5), mistä voitaneen päätellä, että Iso-Britannian asevoimat ovat pohjana käytetyn puvun kankaan materiaaleja valitessaan kiinnittäneet huomiota maastokuvion käyttäytymiseen NIR-alueella. Materiaalin ominaisuuksista johtuen puku näkyy NIR-alueen tähystyksessä vaaleahkona (Liite 1, Kuva 12). Voidaan todeta, että mikäli DIY-naamiopuku rakennetaan materiaaleista, jotka tunnetaan NIR-alueen tähystykseltä suojaaviksi, naamioi myös koko puku käyttäjänsä NIR-alueella suoritettun tähystyksen osalta.

3.2. Jack Pyke 3D -naamiopuku

Jack Pyke 3D -naamiopuku on metsästykseen tarkoitettu kaupallinen kaksiosainen puku, johon kuuluu anorakkimallinen hupullinen takki sekä housut (Liite 2, Kuva 15). Puvun pohjana on käytetty tiheää verkkokangasta, johon on painettu maastokuvio (Liite 2, Kuva 17). Verkkokankaaseen on ommeltu maastokuvioitua puun lehtien muotoon leikattua naamioverkkoa (Liite 2, Kuva 16). Puvun rakenne ilmenee Kuvasta 7. Takin hupussa on kiristysnyöri, housujen vyötäröllä on sekä resori että kiristysnyöri, lahkeiden suissa on resorit ja housuissa on lantiolla läpiviennit alla olevan maastopuvun taskujen käsittelyn mahdollistamiseksi. Puku on kevyt, ja pakkautuu kuljetuskuntoon silmämääräisesti arvioiden pienempään tilaan kuin muut tutkitut puvut. Puku saatiin tutkimusta varten lainaan Hämeenlinnan Erämaailmasta, mistä kiitokset Erämaailman henkilökunnalle.



Kuva 7: Jack Pyke 3D -naamiopuku.

Puvun lehtikuviosta mitattiin kolme eri väriä: vihreä, beige ja hiilenharmaa. Lisäksi mitattiin pohjakankaana käytetyn verkon vihreä väri. Harmaa väri vastaa PVT:n vaatimuksia hiilenharmaalle, kun taas vihreä väri jää NIR-alueella selvästi alle tummanvihreältä vaaditun heijastuskanavan (Liite 6). Beigen värin heijastuskäyrä asettuu hieman PVT:n beigelle värille asettaman vaatimuksen alapuolelle. Vihreän pohjaverkon NIR-heijastus on tummempi kuin vihreältä väriltä tehokkaaseen naamiointiin vaaditaan (Liite 6).

Puvun yleisilme on näin ollen NIR-alueella tummahko, joskin beiget kohdat näkyvät vaaleampina. Voidaan todeta että Jack Pyke 3D -naamiopuvun tarjoama naamiointi NIR-alueella on puutteellinen.

3.3. Mil-Tec -naamiopuku

Mil-Tec -naamiopuku on kaupallinen naamiopuku, joka koostuu takista, housuista, lierihatus-
ta sekä esimerkiksi ase-
naamiointiin tarkoitettu-
erillisestä juuttikankaalla
naamioidusta joustavasta
hihnasta (Liite 3, Kuva 20).
Puvun pohjarakenteena on
käytetty tiheää maastoku-
vioitua verkkokangasta.
Takissa ei ole huppua, ja se
sulkeutuu edestä painonapeilla.
Takin vyötäröllä on resori,
sekä sivuilla läpiviennit
alla olevan maastopuvun
taskujen käyttöä varten.
Housujen vyötäröllä on
resori ja kiristysnyöri,
lantiolla on läpiviennit
alla olevan maastopuvun
taskuja varten, sekä
lisäksi housujen lahkeissa
on avattava painonapitus,
joka mahdollistaa
housujen pukemisen
kengät jalassa. Pukuun
kuuluu lierihattu, jossa
on pään ympärille tuleva
tiheä verkko sekä etupuolella
harvemmalla verkolla
toteutettu tähystysikkuna.
Puku on esitetty Kuvassa 8.



Kuva 8: Mil-Tec -naamiopuku.

Puvun naamiointi on toteutettu ompelemalla pukuun kiinni säännöllisin välein juuttinarupätkistä koottuja nippuja. Juuttinaruja on kuutta eri väriä: vaaleanvihreä, oliivinvihreä, beige, vaaleanharmaa, hiilenharmaa ja ruskea. Juuttinarunippujen välistä näkyy suuria alueita puvun pohjana käytettyä verkkokangasta (Liite 3, Kuva 21).

Puvusta mitattiin oliivinvihreä ja ruskea juutti sekä pohjakankaan maastokuvion ruskea osio. Molemmat juuttimateriaalit heijastavat NIR-alueen säteilyä huomattavasti vähemmän kuin kyseisiltä väreiltä vaaditaan (Liite 7). Kuitenkin pohjana käytetty verkkokangas heijastaa ainakin mitatun ruskean sävyn osalta NIR-alueen säteilyä jopa enemmän kuin edes vaaleanvihreältä väriltä sallitaan.

Mil-Tec -naamiopuku naamioi käyttäjänsä NIR-alueella puutteellisesti. Puvun yleisilme on hyvin tumma, mutta juuttinarunippujen alta näkyy huomattavan vaaleita suoria säännöllisiä muotoja sisältäviä kohtia. Tummat kohdat näyttäytyvät huomattavasti ympäristöään tummempina, kun taas vaaleat kohdat näyttäytyvät ympäristöään vaaleampina (Liite 3, Kuva 18).

4. ASE- JA TÄHYSTYSKALUSTON NAAMIOINTI

Tiedustelijan henkilökohtainen rynnäkkökivääri on alkuperäisväritykseltään musta, jolloin sen ja käyttäjän muun varustuksen sekä ympäristön välillä on korkea kontrasti. Lisäksi aseenn muoto on selkeästi erotettava ja tuttu. Edellä mainituista syistä henkilökohtaisen aseenn naamiointi on oleellista haettaessa kunnollista suojaa vastustajan tähystykseltä.

Tähystystehtävää suorittavalla tiedustelijalla tai tiedustelupartiolla voi olla lisäksi käytössään tähystykseen käytettyä kalustoa, kuten esimerkiksi kiikarit, kaukoputki, valonvahvistin tai lämpötähystin. Mikäli tiedustelijan muu varustus noudattaa ympäröivän maaston värimallia, tulee myös tähystyskalusto naamioida, jottei tiedustelija paljastuisi tähystyskaluston ja ympäristön välisen kontrastin takia. Vaikka aseenn tai muun kaluston taistelutekninen käyttö ei ole tutkimuksen painopisteessä, eikä tutkimuksessa näin ollen mitata naamiointin vaikutusta välineiden käytettävyyteen, on yksi naamiointin peruslähtökohdista se, ettei naamiointi saa haitata välineen normaalia käyttöä.

4.1. Aseenn ja tähystyskaluston naamiointi DIY-keinoilla

Aseenn naamiointiin ei Puolustusvoimilla ole olemassa valmista ratkaisua, joten naamiointi toteutetaan käytännössä aina tilapäisvälineillä. Tämänhetkisessä rauhanajan koulutuksessa aseenn naamiointi suoritetaan kiinnittämällä aseeseen irrallista naamiomateriaalia esimerkiksi vetolangalla tai nippusiteillä [10, s. 59], kuten Kuvassa 9. Myös muun kaluston naamiointi on mahdollista samoin periaattein.



Kuva 9: Luonnonmateriaaleilla sekä hylkyvaatetusmateriaalilla naamioitu ase. Materiaaleina käytetty havuja, puuvillakangasta sekä vetolankaa.

Irrallisella luonnonmateriaalilla tai hylkymaastopuvusta otetulla materiaalilla on mahdollista saavuttaa asean naamiointi näkyvän alueen lisäksi NIR-alueella. Lisäksi irrallinen naamiointi kyetään toteuttamaan siten, että se rikkoo asean muodon tehokkaasti oman epäsäännöllisen muotonsa ansionsa, parantaen näin asean sulautumista taustaansa. Irrallisen naamioinnin etuja on lisäksi helppo saatavuus: naamiomateriaalia saadaan käytöstä poistetusta vaateusmateriaalista sekä luonnosta.

Irrallisen naamioinnin käytössä heikkouksia on muun muassa riski naamiomateriaalin osien joutumisesta asean hallintalaitteiden tai piipun tielle [10, s. 59]. Lisäksi huolimattomasti irtomateriaaleilla tehty naamiointi saattaa vaikuttaa asean piipun vapaaseen värähtelyyn, mikä saattaa siirtää asean osumapistettä [7, s. 40]. Edelliset seikat huomioiden irtomateriaaleilla ei pysty naamioimaan asetta kauttaaltaan, vaan mustia (korkea kontrastiero) kohtia jää vielä esille. Asean naamiointi luonnonmateriaaleilla on esitetty Liitteen 4 Kuvassa 24.

4.2. Asean ja tähystyskaluston naamiointi COTS-tuotteilla

Asean naamiointia varten on saatavilla naamioteippiä, jonka toinen puoli on maastokuvioitu ja toinen tarrapintainen. Ase tai muu kalusto naamioidaan päällystämällä naamioitava kohde joka puolelta naamioteipillä. Naamioteippejä on saatavilla useisiin erilaisiin maastotyyppisiin sopivissa kuoseissa.

Naamioteippiä käyttämällä on mahdollista ulottaa naamiointi osiin, joita irrallisilla naamiorievuilla on mahdotonta tai erittäin vaikea naamioda. Naamioteippi soveltuu erittäin hyvin yksinkertaisen muotoisiin esineisiin, kuten kiikareihin ja kaukoputkiin. Näitä esineitä naamioidessa ei ole tarvetta leikellä teippiä muotoon, joten naamiointi on nopeaa ja helppoa.

Naamioteipillääkään ei kuitenkaan pystytä naamioimaan asetta aivan täysin: teippi saattaa estää osien kuten tulenvalitsimen, liipaisimen ja luistin vapaata liikettä. Lisäksi myös naamioteippiä käytettäessä on vaara, että vaikutetaan asean piipun vapaaseen värähtelyyn. Heikkolaatuiset naamioteipit saattavat sulaa joutuessaan kosketuksiin kuumien osien kanssa ja jättää aseeseen liimajäämiä [7, s. 385]. Liitteen 4 Kuvasta 25 tulee ilmi taso, joka on mahdollista saavuttaa naamioimalla ase naamioteipillä.



Kuva 10: Aerosolimaaleilla maalattu ase.

Ase on mahdollista naamioda myös maalaamalla ase naamiointiin tarkoitetuilla aerosolimaaleilla, kuten Kuvassa 10. Naamiomaalaus on mahdollista suorittaa eri huolellisuusasteilla riippuen käytettävissä olevasta värivalikoimasta ja ajasta. Jo yhdellä värillä suoritettu pohjamaalaus parantaa aseeseen tai muun kaluston naamiointia tehokkaasti.

Aseen ja muun kaluston maalaaminen naamioväreillä on rutiinitoimenpide moderneissa konflikteissa toimiville joukoille [7, s. 383–384]. Myös Tarkka-ampujan käsikirjassa viitataan ohimennen aseeseen maalaamiseen [10, s. 59], mutta aiheeseen ei paneuduta sen syvällisemmin: Puolustusvoimien rauhanaikaisessa koulutuksessa aseita ei ole juuri tapana maalata, vaikka sopivia maaleja valikoimassa saattaisi ollakin.

Maalaamalla on mahdollista naamioda koko kohde jättämättä yhtään kohtaa ”paljaaksi”, sillä ohut maalikerros ei vaikuta hallintalaitteiden toimintaan. Irtonaiseen naamiomateriaaliin verrattuna maalaamisessa ei ole myöskään vaaraa että maali estäisi aseiden sulkukoneiston liikettä tai vaikuttaisi piipun vapaasti värähtelyyn. Maalaamalla voidaan myös käsitellä pintoja jotka kuumenevat käytössä korkeisiin lämpötiloihin, kuten esimerkiksi aseiden äänenvaimennin. Esimerkki maalatusta aseesta on esitetty Liitteen 4 Kuvassa 23.

Pelkällä maalilla aseiden muodon rikkominen vaatii huolellista työtä, ja voi silti olla hankala saavuttaa. Lisäksi aseiden maalaaminen on aina pysyvä muutos aseeseen. Pelkkää maalausta käyttämällä on vaikeaa, jopa mahdotonta luoda kaikissa toimintaympäristöissä hyvin toimiva naamiointi, ja naamiomaalatun aseiden tai tähystyskaluston naamiointia voi joutua täydentämään toimintaympäristöön paremmin sulautuvaksi.

4.3. Erilaisten naamiointikeinojen suoja NIR-alueen tähystystä vastaan

Tutkimusta varten hankittiin neljä erilaista COTS-naamiointivälinettä: vihreää Panzerklebeband-teippiä, woodland-maastokuvioitua Mil-Tec -kangasteippiä, vihreää Motip-naamiomaalia ja olive drab -väristä Krylon-naamiomaalia. Panzerklebeband-teippiä ei varsinaisesti ole tarkoitettu naamiointikäyttöön, mutta silti vastaavia teippejä käytetään muun muassa aseiden naamiointiin. Aerosolimaaleista valittiin kyseisten valmistajien maalit, koska ne ovat helposti saatavilla. Vaikka maalit ovat Motipin ja Krylonin mallistojen mahdollisimman samanväriset laadut, poikkeavat niiden sävyt silti hieman toisistaan. Naamiomateriaalit näkyvät Kuvassa 11.



Kuva 11: Tutkimuksessa käsitellyt COTS-naamiointimateriaalit.

Aseen naamiointiin soveltuvien hylky- ja luonnonmateriaalien NIR-heijastusta ei mitattu. Toimintaympäristöä vastaava irrallinen luonnonmateriaali naamioi kohteensa NIR-alueella, kunhan materiaali on riittävän tuoretta. Otettaessa tilapäisnaamiointia hylkyvaatetusmateriaalista saavutetaan naamiointi myös NIR-alueella, mikäli käytetään esimerkiksi tutkimuksessa hyvin valonvahvistimella tähystystä vastaan suojaavaksi todettuja kankaita.

Mil-Tec -naamioteipistä mitattiin tummanvihreä ja ruskea väri. Tummanvihreä väri vastaa hyvin PVTT:n vaatimusta tummanvihreästä väristä, mutta ruskean värin heijastus jää PVTT:n minimivaatimuksen alle (Liite 8). Tämä aiheuttaa sen, että teipissä on NIR-alueella tarkasteltuna erittäin vaaleita ja erittäin tummia kohtia. Panzerklebeband-teipin vihreän värin heijastusominaisuudet eivät muutu NIR-alueelle siirryttäessä, joten teippi näkyy valonvahvistimessa hyvin tummana (Liite 8).

Naamiointimaalien heijastusominaisuudet mitattiin maaleilla värjätystä millimetripaperista. Molempia maaleja maalattiin millimetripaperille 4 kerrosta antaen maalipinnan kuivua maalaamiskertojen välillä. Sekä Motip- että Krylon-maalien heijastuskäyrät ovat lähes identtiset. Kummankaan ominaisuuksiin ei kuulu PVTT:n vaatimuksen mukaista selkeää heijastuksen lisääntymistä NIR-alueelle siirryttäessä (Liite 8). Maalien heijastus jää NIR-alueella PVTT:n tummanvihreälle värille määrittelemän minimiheijastuksen alle. Tämä aiheuttaa sen, että molemmat maalit näkyvät valonvahvistimessa tummina.

COTS-naamiomateriaaleilla naamiodut kohteet on esitelty tarkemmin Liitteen 4 Kuvassa 22.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa kyettiin löytämään tarkastelluista tilapäisvälineistä niiden naamiointiin soveltuvuuteen liittyviä ominaisuuksia, joista voidaan vetää selkeitä johtopäätöksiä. Aihetta ei kuitenkaan voida tästä huolimatta katsoa täysin loppuun käsitellyksi.

5.1. Tutkimustulokset

Naamiopukujen osalta tutkimusongelmaan saatiin tutkimuksessa vastaus: ei ole perusteita olettaa, että näkyvän valon alueella naamioiva varuste naamioi käyttäjänsä tehokkaasti myös NIR-alueella. Voidaan siis todeta, että mikäli halutaan olla täysin varmoja, että puku naamioi käyttäjänsä myös NIR-alueella, eikä puvun NIR-alueen käyttäytymistä voida valintavaiheessa todentaa esimerkiksi valonvahvistimella ja infrapunavalolla, on naamiopuku valmistettava itse NIR-alueella naamioivaksi tunnetuista materiaaleista. Tämänlaisia materiaaleja ovat muun muassa tutkimuksessa käsitellyt Iso-Britannian asevoimien käyttämistä maastopuvuista saadut kankaansuikaleet.

Rajallisista resursseista johtuen naamiopukujen otos ei ollut erityisen kattava. Kaupallisesti on saatavilla myös sotilaskäyttöön tarkoitettuja naamiopukuja, jotka valmistajansa ilmoituksen mukaan naamioivat käyttäjänsä NIR-alueella, kuten suomalaisen Finnrapel Oy:n markkinoima NATO MK2 Special Forces Chameleon Observation Suit. Kyseistä pukua ei ollut mahdollista hankkia testattavaksi tutkimuksen puitteissa.

Taulukossa 1 on vertailtu tutkimuksessa mukana olleiden naamiopukujen ominaisuuksia. On huomattava, että COTS-tuotteet ovat valmistettu DIY-pukua kevyemmistä materiaaleista, ja täten hengittävät DIY-pukua paremmin, sekä kevyempinä muodostavat puvun käyttäjälle pienemmän kuorman. Käyttömukavuuteen liittyvistä ominaisuuksista ei silti ole hyötyä, sillä niiden tarjoama suoja NIR-alueen tähytystä vastaan jää DIY-pukua vajaammaksi.

Naamiopuvun tyyppi:	Sipi-mallinen DIY-naamiopuku.	Mil-Tec-naamiopuku.	Jack Pyke 3D-naamiopuku.
Rakenne:	Takki, johon on yhdistetty lierihattu.	Erillinen takki, housut ja lierihattu.	Anorakkimallinen hupullinen takki ja housut.
Valmistusmateriaali:	Maastopuvun suikaleet, juuttikankaan suikaleet. Pohjana käytetty maastopuvun takkia.	Verkkokankainen puku, johon on kiinnitetty ompelemalla juuttinarukimppuja.	Verkkokankainen puku, johon on ommeltu lehtimäiseen muotoon leikattua naamioverkkoa.
Paino:	Takki: 2040 g.	Takki: 660 g Housut: 560 g Hattu: 240 g.	Paita: 280 g Housut: 260 g.
NIR-suoja:	Kattava.	Puutteellinen.	Puutteellinen.
Muuta:	Useita taskuja, etupuolelle puvun sisään ommeltu huopaa lämmöneristykseksi.	Puvun mukana tulee irrallista naamiomateriaalia joka on tarkoitettu esimerkiksi aseiden naamiointiin.	-

Taulukko 1: Naamiopukujen ominaisuuksien vertailu.

Mitatuista aseiden ja muun kaluston naamiointiin tarkoitetuista materiaaleista vain Mil-Tec-naamioteipissä oli huomioitu vihreältä väriltä vaadittu heijastuksen intensiteetin kasvaminen näkyvän valon alueelta NIR-alueelle siirryttäessä. Naamioteipin muut värit jäivät kuitenkin NIR-alueella sävyiltä vaadittavan heijastusintensiteetin alapuolelle, joten naamioteipinkään tarjoamaa NIR-alueen naamioitumista ei voida katsoa kattavaksi. Mil-Tec -naamioteipillä voitaneen kuitenkin saavuttaa kohtuullisen tehokas aseiden naamiointi leikkelemällä teippiä siten, että suurin osa teipin peittämästä alueesta koostuu teipin vihreästä väristä. Sopivalla tummien alueiden lisäämisellä voidaan rikkoa aseiden muoto tehokkaammin.

COTS-naamiointimateriaalien ominaisuuksia on esitelty Taulukossa 2.

Naamiointi-materiaali	Krylon olive drab.	Motip vihreä.	Mil-Tec naamiointiteippi.	Panzerklebeband-teippi.
Tyyppi	Vihreä aerosolimaali.	Vihreä aerosolimaali.	Kangaspintainen maastokuvioitu teippi.	Oliivinvihreä ilmastointiteippi.
NIR-suoja	Puutteellinen.	Puutteellinen.	Osittainen.	Puutteellinen.
Muuta	Kuivui Motip-maalia nopeammin.	-	Saatavissa myös muissa kuoseissa.	Värjättävissä esimerkiksi tussilla naamioinnin parantamiseksi.

Taulukko 2: COTS-naamiointimateriaalien ominaisuuksien vertailu.

Tutkimuksen puitteissa ei ollut mahdollisuutta selvittää naamioimattoman rynnäkkökiväärin tai muun erikoiskaluston NIR-alueen heijastusta. Voidaan kuitenkin olettaa, että ainakin musta rynnäkkökivääri näyttäytyy myös NIR-alueella hyvin tummana. Täten, vaikka COTS-naamiomateriaalin tarjoama naamiointi NIR-alueella olisi puutteellinen, parantaa se silti jonkin verran aseiden naamiointia. Lisäksi on huomattava, että kaikilla tutkituilla naamiomateriaaleilla saavutetaan näkyvän valon alueella parannus varusteen naamiointiin. Näin ollen, mikäli tutkimuksessa mukana olleita naamiomateriaaleja vain on saatavilla, parantaa niiden käyttö tähystystehtävää suorittavan tiedustelijan kokonaisnaamiointia. Aseen naamioinnin vaikutusta sekä näkyvän valon alueella että NIR-alueella on havainnollistettu liitteen 4 kuvissa 26 ja 27.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että ilman katetun kiinteän tähystyspaikan tarjoamaa suojaa tähystystehtävää suorittavien tiedustelijoiden on mahdollista kehittää naamiointiaan tilapäisvälineillä. Mikäli saatavilla on tutkimuksessa tarkasteltuja tilapäisvälineitä, on kunnolliseen NIR-alueen naamiointiin tähdättäessä suotavaa käyttää tiedustelijoiden henkilökohtaiseen naamiointiin DIY-naamiopukuja ja aseiden sekä muun erikoiskaluston naamiointiin Mil-Tec -naamioteippiä.

5.2. Jatkotutkimustarpeet

Tutkimuksen perusteella ei voida olettaa, että saatavilla ei ole kaupallisia tilapäisvälineitä, joilla tiedustelijan naamiointi kyetään toteuttamaan myös NIR-alueella. Laajentamalla tutkimuksen otantaa olisi mahdollista löytää naamiointiin tarkoitettuja COTS-tuotteita, jotka kykenisivät tutkittuja välineitä huomattavasti kattavampaan NIR-alueen naamiointiin. Naamiopukujen ohella tutkimus voitaisiin ulottaa myös muihin tiedustelijan naamiointiratkaisuihin, kuten naamioviittoihin ja naamioverkkoihin. Lisäksi voitaisiin tarkastella myös muita kuin tutkimuksessa tutkittuja naamioteippejä ja naamiokääreitä.

Tutkimuksessa selvisi, että tilapäisvälineiden käytöllä voidaan kehittää omien joukkojen suojaa vastustajan NIR-alueen tähystystä vastaan. Erityisesti naamiointiin tarkoitettujen COTS-tuotteiden osalta voitaisiin ulottaa tähystyksen vastaisen suojan käsite koskemaan myös sähkömagneettisen spektrin muita osia. Mikäli tutkimusympäristö vaihdettaisiin runsaslumiseksi talviseksi maastoksi, nousisi tilapäisvälineiden UV-alueen heijastus naamioinnin toteutumisen kannalta merkittäväksi ominaisuudeksi.

On todennäköistä, että tilapäisvälineillä voidaan kehittää joukon suorituskykyä suojan lisäksi myös muiden taistelukentän elementtien suhteen. Täten olisi aiheellista tutkia nykyaikaisten tilapäisvälineiden käyttöä myös liikkeen, johtamisen ja vaikuttamisen kehittämisessä. Esimerkiksi voitaisiin tutkia mahdollisuutta korvata COTS-elektroniikalla joukolta puuttuvaa kalustoa, kuten lähiradioita ja laseretäisyysmittareita.

LÄHTEET

- [1] A2 Mekanisoitu pataljoona taistelussa.
Pääesikunta/Maavoimaosasto, Helsinki 2005.
ISBN 951-25-1625-X.
- [2] Hartikainen, Ville.
Tiedustelijan suojautuminen lämpökameroilta.
Kadettitutkielma.
Maanpuolustuskorkeakoulu. Helsinki 1999.
- [3] Heijastusmittauksien mittauspöytäkirjat.
Projektinnumero 331197401.
TM n:o 4980202.
Mittaustiedot vuosilta 1997–1999.
Puolustusvoimien teknillinen tutkimuslaitos.
Säilytys PVTT, Lakiala.
- [4] Jalkaväen joukkojen ja niiden henkilöstön suoritusvaatimukset.
PEJV-OS PAK 03:11.
1995.
- [5] Jalkaväen taisteluohjesääntö. 2. painos.
Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. Jyväskylä 1996.
ISBN 951-25-0746-3.
- [6] Kosola, Jyrki ja Solanne, Tero.
Digitaalinen taistelukenttä Informaatioajan sotakoneen tekniikka. 2. painos.
Maanpuolustuskorkeakoulu. Tekniikan laitos. Helsinki 2003.
ISBN 951-25-1449-4.
- [7] Plaster, John L.
The Ultimate Sniper.
Paladin Press, 2006.
ISBN 10: 1-58160-494-7.

- [8] Richardson, M A ja Luckraft, I C ja Picton, R S ja Rodgers, A L ja Powell, R F.
Surveillance & Target Acquisition Systems. Second Edition.
Royal Military College of Science, Shrivenham, UK 1997.
ISBN 1 85753 137 X hardcover.
- [9] Sniper Training.
Field Manual No. 23-10.
Washington, DC, 1994.
- [10] Tarkka-ampujan käsikirja.
Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. Helsinki 2003.
ISBN 951-25-xxxx-x.
- [11] Tiedusteluopas.
Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. Helsinki 2003.
ISBN 951-25-1416-8.
- [12] Tulokas, Pekka.
Kohteiden suojaaminen naamioverkoilla.
Diplomityö.
Maanpuolustuskorkeakoulu. Helsinki 2005.

LIITTEET

- Liite 1. Kuvia DIY-naamiopuvusta.
- Liite 2. Kuvia Jack Pyke 3D -naamiopuvusta.
- Liite 3. Kuvia Mil-Tec -naamiopuvusta.
- Liite 4. Kuvia aseiden ja muun kaluston naamioinnista sekä naamiomateriaaleista.
- Liite 5. Sipi-mallisen DIY-naamiopuvun mittaustulokset.
- Liite 6. Jack Pyke 3D -naamiopuvun mittaustulokset.
- Liite 7. Mil-Tec -naamiopuvun mittaustulokset.
- Liite 8. COTS-naamiointimateriaalien mittaustulokset.

Kuvia DIY-naamiopuvusta



Kuva 12: Sipi-mallinen DIY-naamiopuku. Oikeanpuoleinen kuva on otettu valonvahvistimen läpi.



Kuva 13: Sipi-mallisen DIY-naamiopuvun rakenne.



Kuva 14: Sipi-mallisen DIY-naamiopuvun lakin kiinnitys.

Kuvia Jack Pyke 3D -naamiopuvusta.



Kuva 15: Jack Pyke 3D -naamiopuku.



Kuva 16: Jack Pyke 3D -naamiopuvun rakenne.



Kuva 17: Jack Pyke 3D -naamiopuvun pohjakankaan kuviointi.

Kuvia Mil-Tec -naamiopuvusta.



Kuva 18: Mil-Tec -naamiopuku. Oikeanpuoleinen kuva on otettu valonvahvistimen läpi.



Kuva 19: Mil-Tec -naamiopuvun säilytys- ja kuljetuspussi.



Kuva 20: Mil-Tec -naamiopuvun rakenne.



Kuva 21: Mil-Tec -naamiopuvun pohjaverkko ja juuttinippujen kiinnitys.

Kuvia aseiden ja muun kaluston naamioinnista sekä naamiomateriaaleista.



Kuva 22: Naamiointimateriaaleilla käsitellyt kohteet. Oikeanpuoleinen kuva on otettu valonvahvistimen läpi. Oikeanpuoleisessa kuvassa Krylon-maalilla maalattu näytepala oikealla.



Kuva 23: Aerosolimaaleilla maalattu ase. Alempi kuva on otettu valonvahvistimen läpi. Aseen maalaamiseen käytetyt maalit eivät ole samoja kuin tutkimuksessa tarkastellut.



Kuva 24: Luonnonmateriaaleilla naamioitu ase. Alempi kuva otettu valonvahvistimen läpi.



Kuva 25: Mil-Tec -naamioteipillä naamioitu ase. Alempi kuva otettu valonvahvistimen läpi.



Kuva 26: Ylhäältä alas: Aerosolimaaleilla maalattu ase, luonnonmateriaaleilla naamioitu ase, Mil-Tec -naamiointiteipillä naamioitu ase sekä naamioimaton ase.

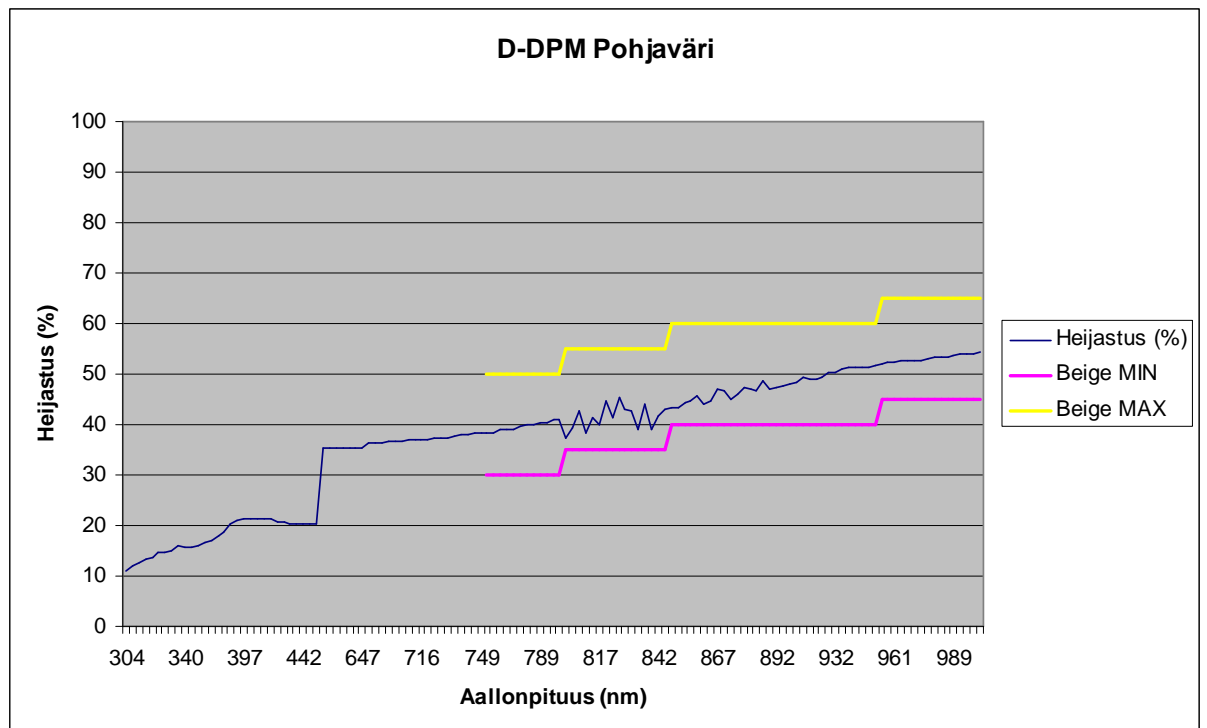


Kuva 27: Ylhäältä alas: Aerosolimaaleilla maalattu ase, luonnonmateriaaleilla naamioitu ase, Mil-Tec -naamiointiteipillä naamioitu ase sekä naamioimaton ase. Kuva on otettu valonvahvistimen läpi.

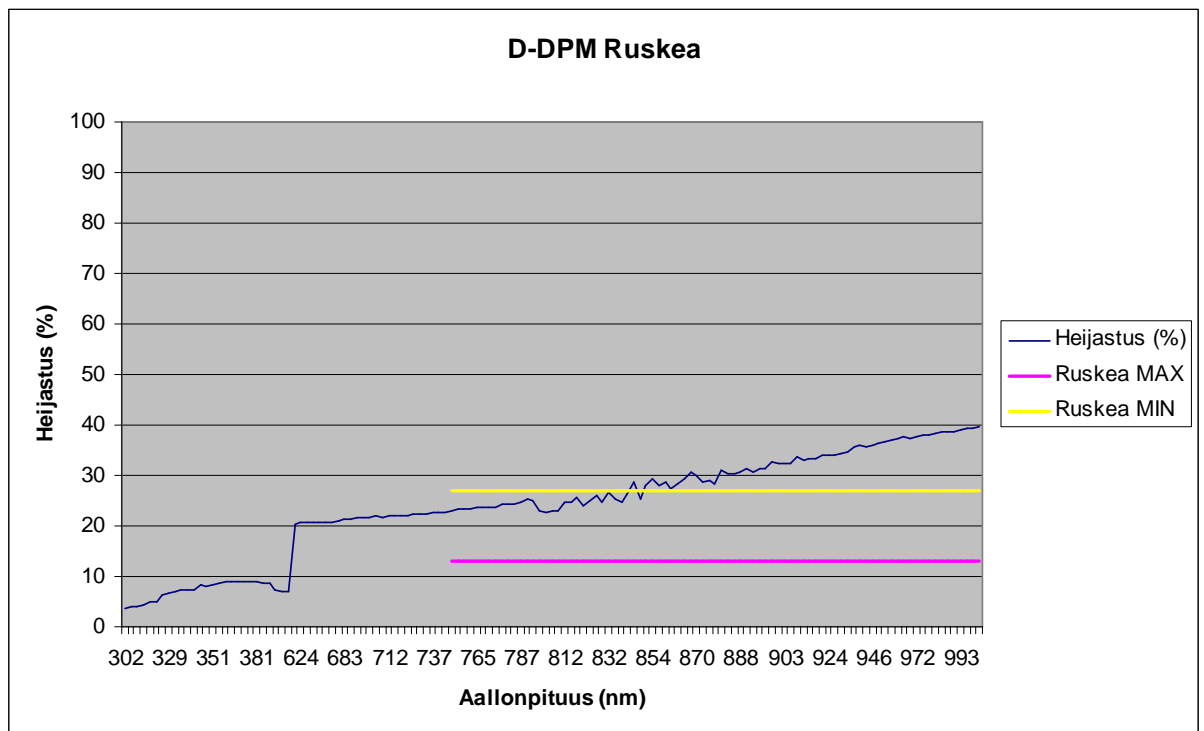
Sipi-mallisen DIY-naamiopuvun mittaustulokset.



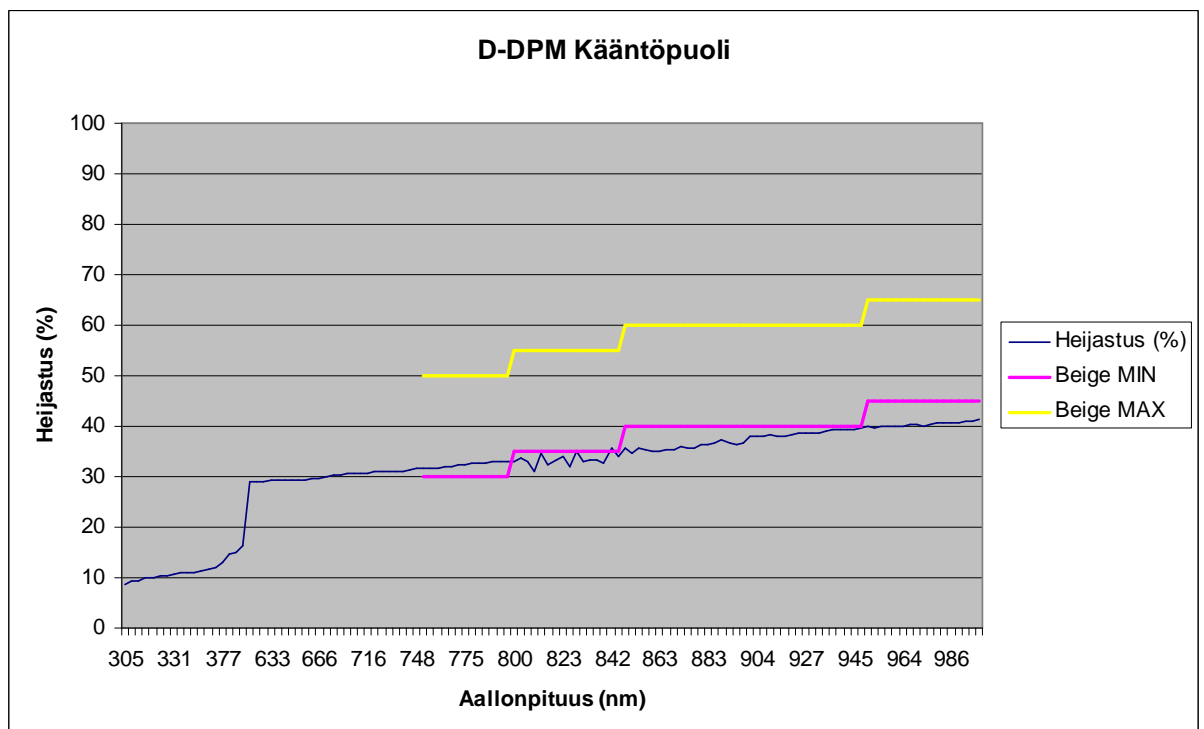
Kuva 28: D-DPM pohjaväri (vasen, vaaleampi sävy), D-DPM ruskea (vasen, tummempi sävy), D-DPM kääntöpuoli (oikea).



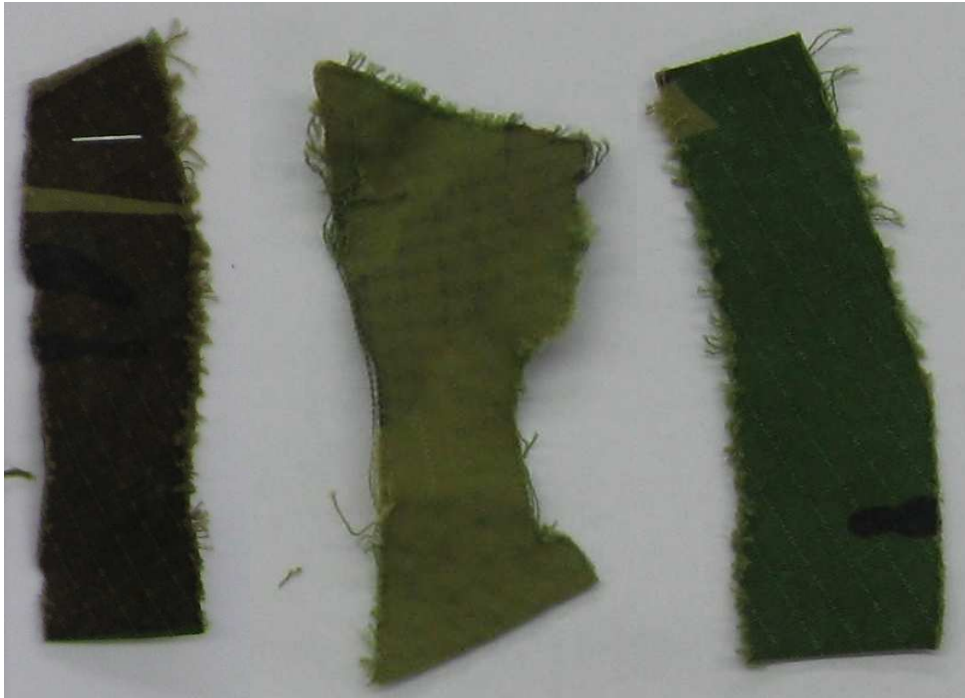
Kaavio 1: D-DPM -kankaan pohjaväriin mittaustulokset.



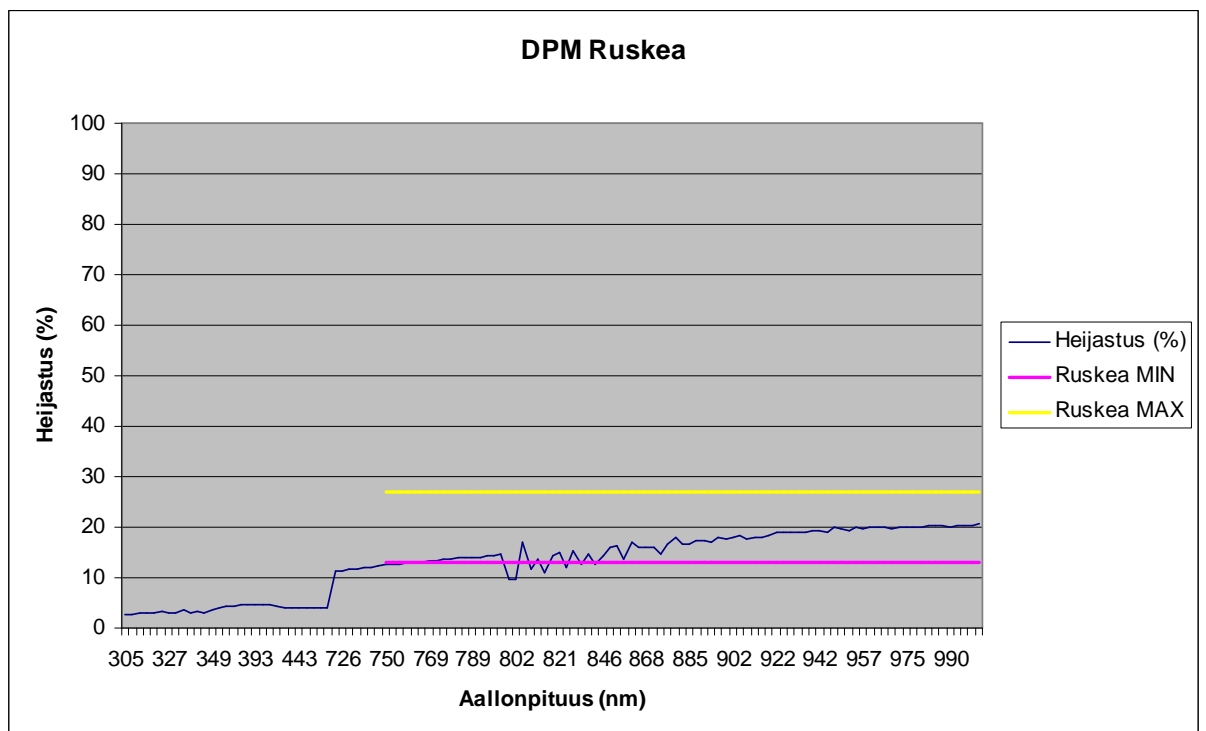
Kaavio 2: D-DPM -kankaan ruskean värin mittaustulokset.



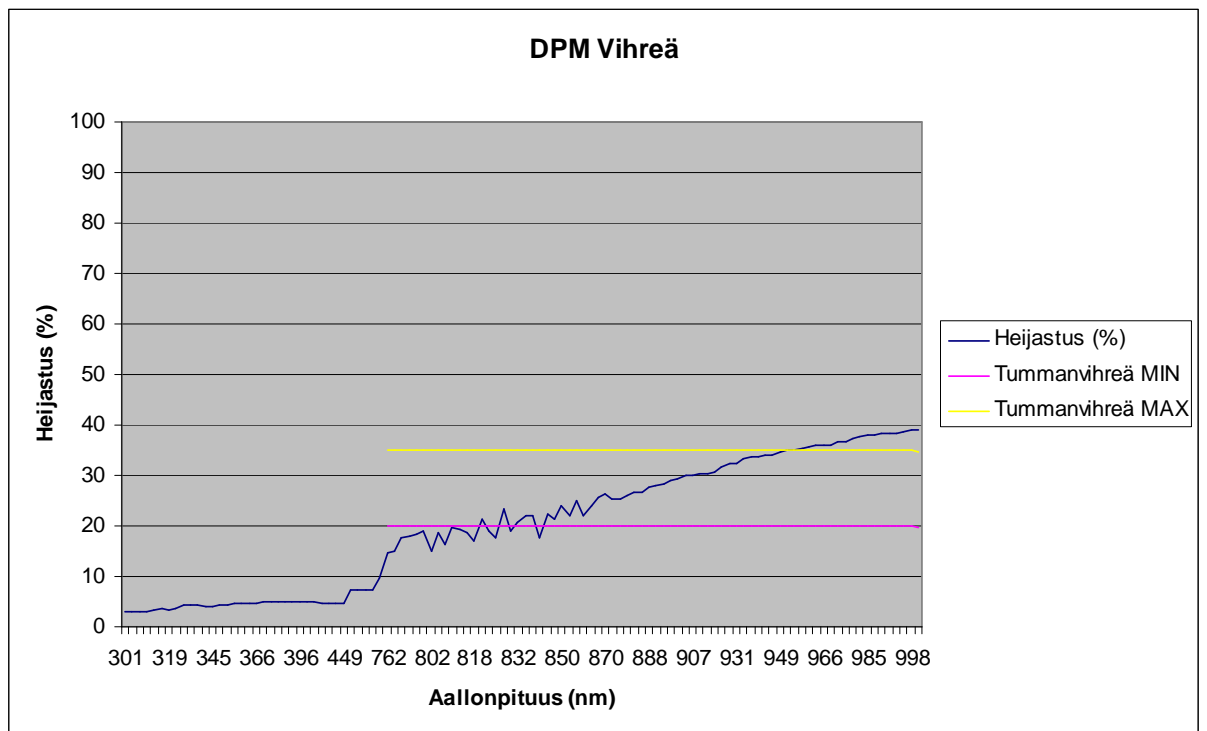
Kaavio 3: D-DPM -kankaan kääntöpuolen mittaustulokset.



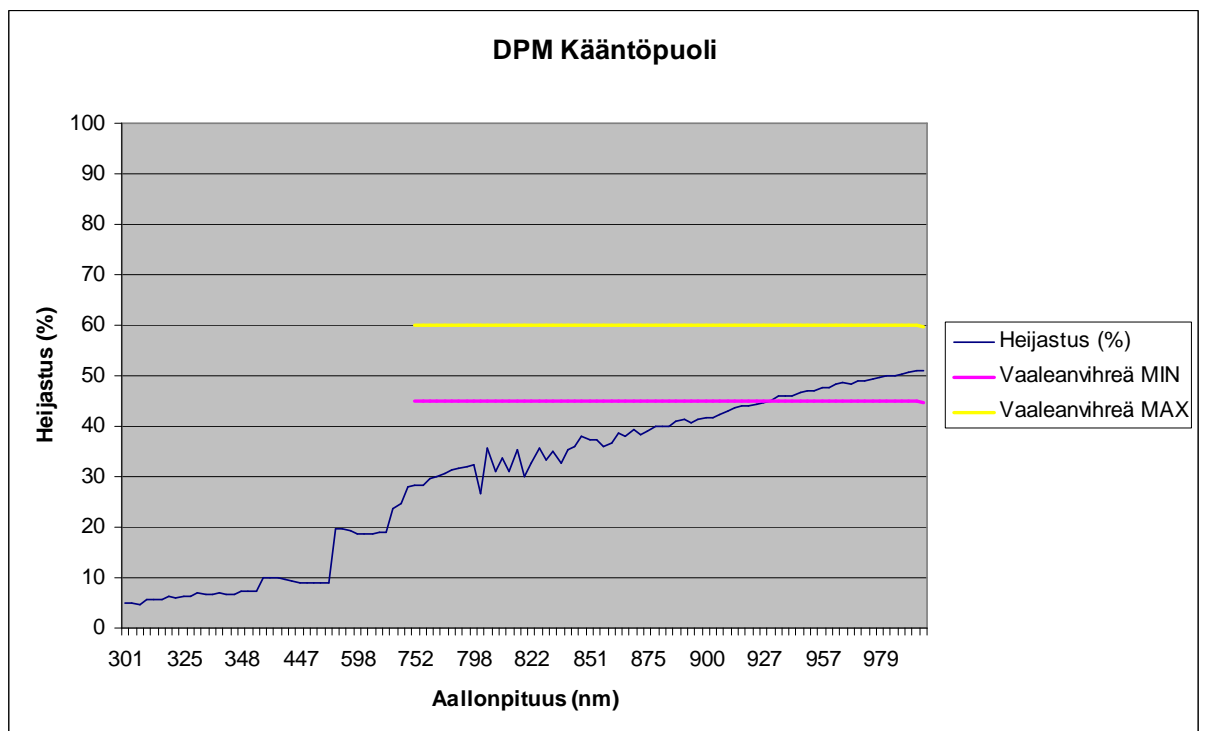
Kuva 29: Vasemmalta oikealle: DPM ruskea, DPM kääntöpuoli, DPM vihreä.



Kaavio 4: DPM-kankaan ruskean värin mittaustulokset.



Kaavio 5: DPM-kankaan vihreän värin mittaustulokset.



Kaavio 6: DPM-kankaan ruskean värin mittaustulokset.

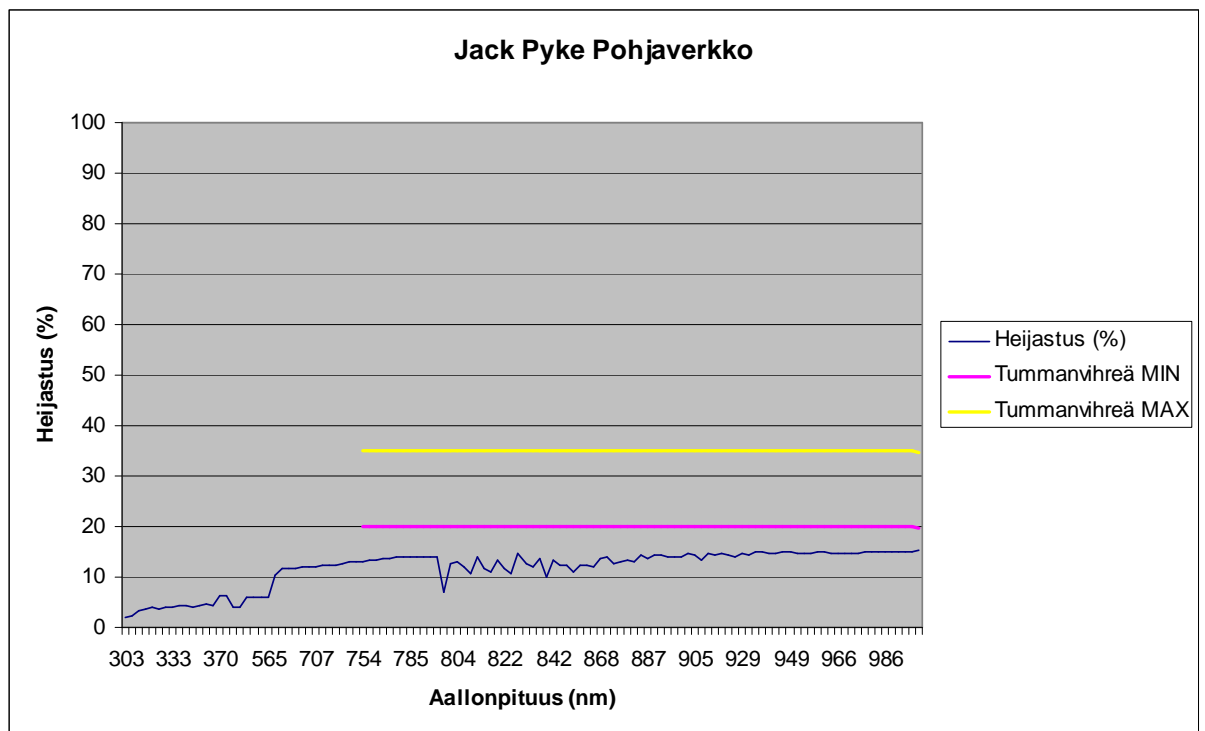
Jack Pyke 3D -naamiopuvun mittaustulokset.



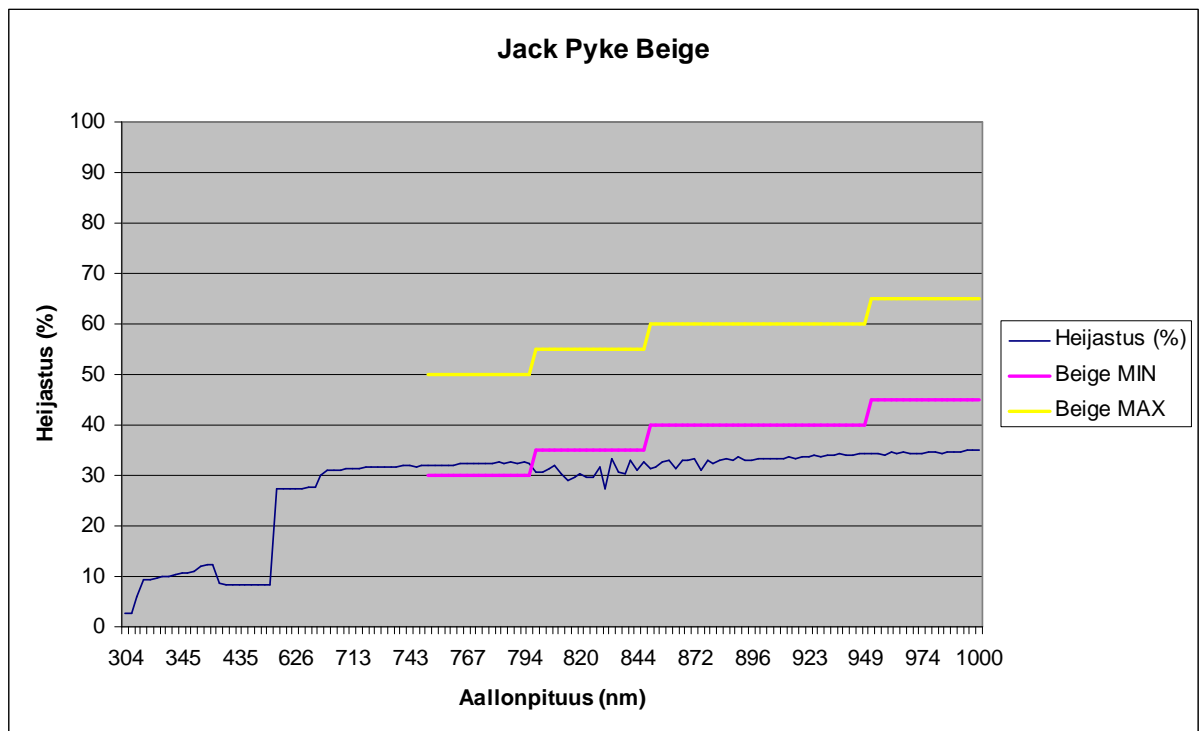
Kuva 30: Jack Pyke 3D -naamiopuvun pohjaverkko.



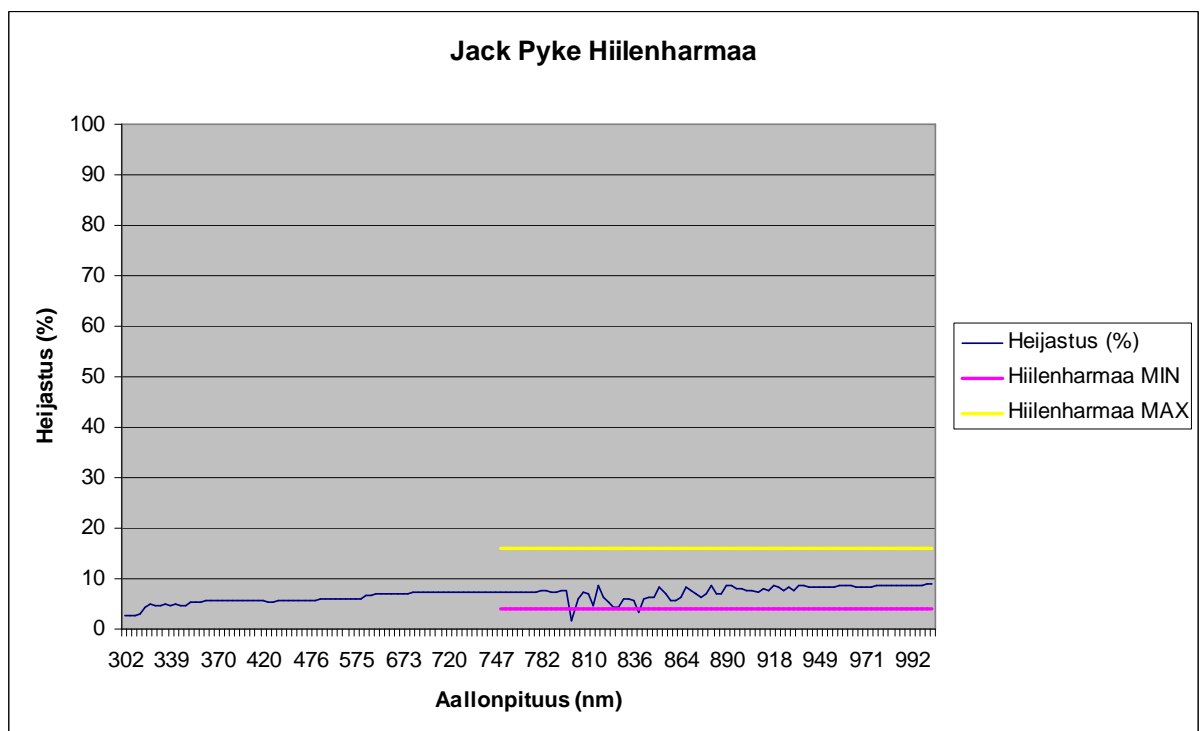
Kuva 31: Vasemmalta oikealle: Jack Pyke beige, Jack Pyke hiilenharmaa, Jack Pyke vihreä.



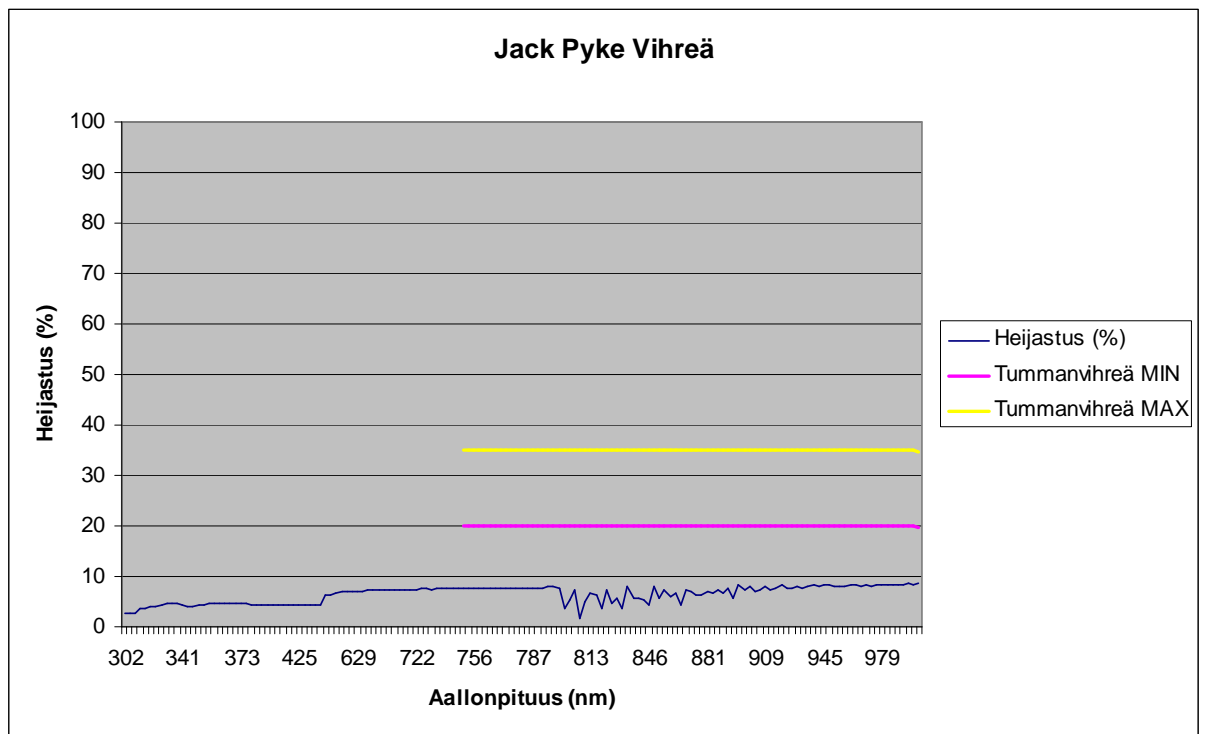
Kaavio 7: Jack Pyke 3D -naamiopuvun pohjaverkon mittaustulokset.



Kaavio 8: Jack Pyke 3D -naamiopuvun lehtikuvion beige värin mittaustulokset.



Kaavio 9: Jack Pyke 3D -naamiopuvun lehtikuvion hiilenharmaan värin mittaustulokset.

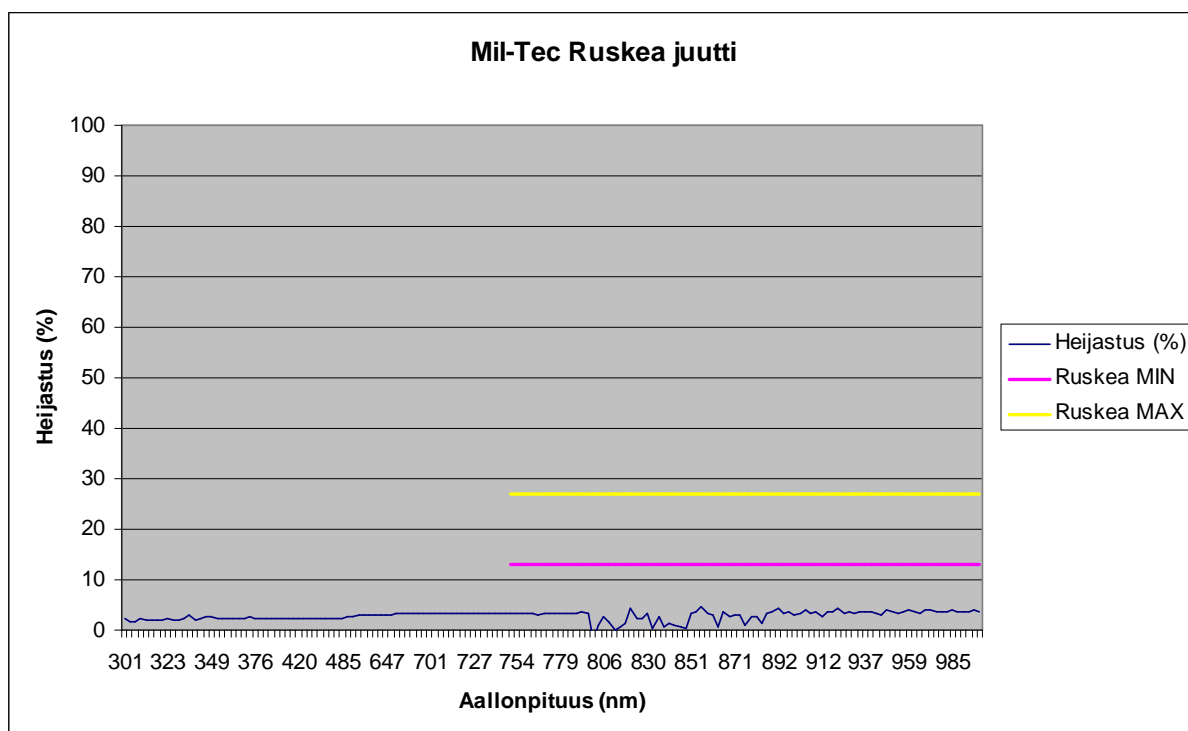


Kaavio 10: Jack Pyke 3D -naamiopuvun lehtikuvion vihreän värin mittaustulokset.

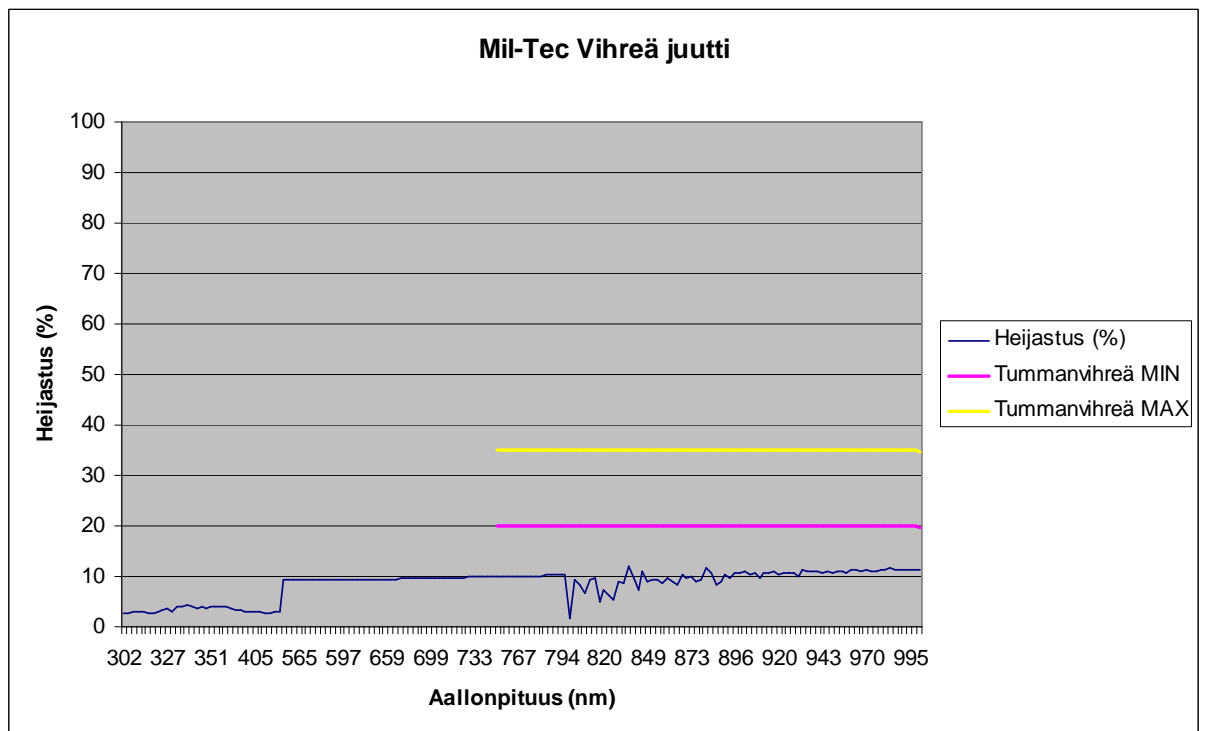
Mil-Tec- naamiopuvun mittaustulokset.



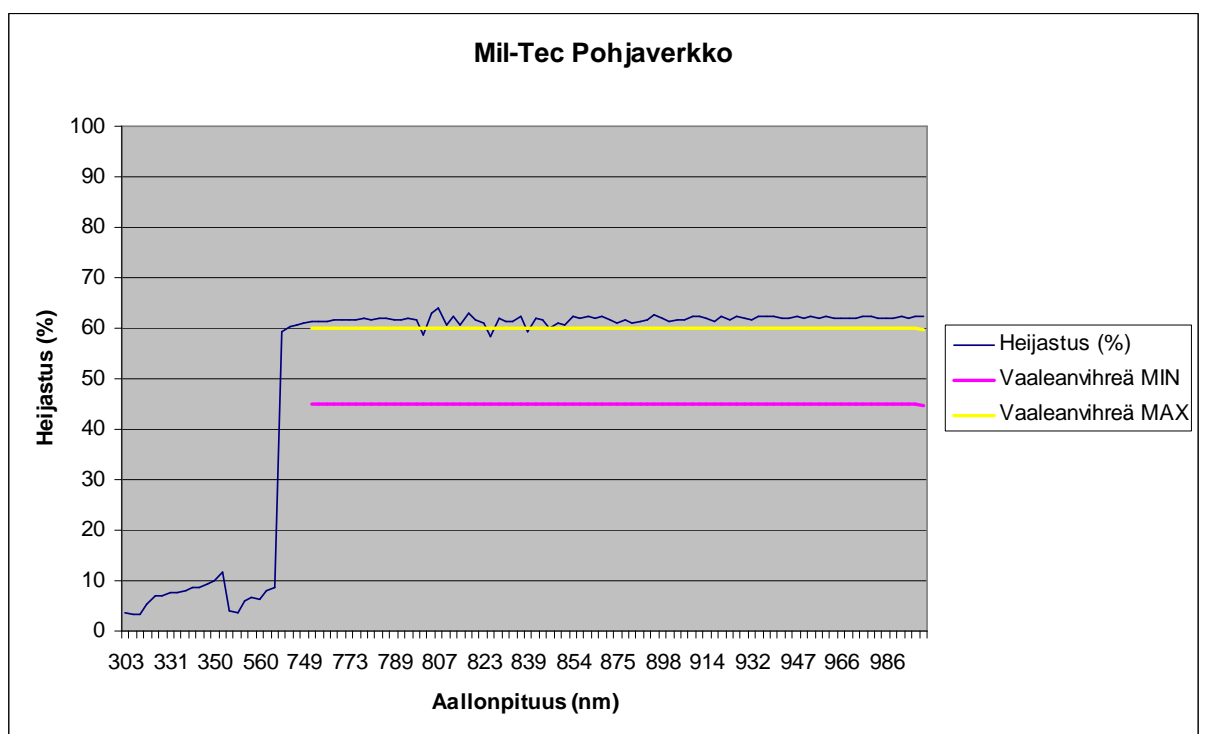
Kuva 32: Vasemmalta oikealle: Mil-Tec ruskea juutti, Mil-Tec vihreä juutti, Mil-Tec pohjaverkko.



Kaavio 11: Mil-Tec -naamiopuvun ruskean juutin mittaustulokset.



Kaavio 12: Mil-Tec -naamiopuvun vihreän juutin mittaustulokset.



Kaavio 13: Mil-Tec -naamiopuvun pohjaverkon mittaustulokset.

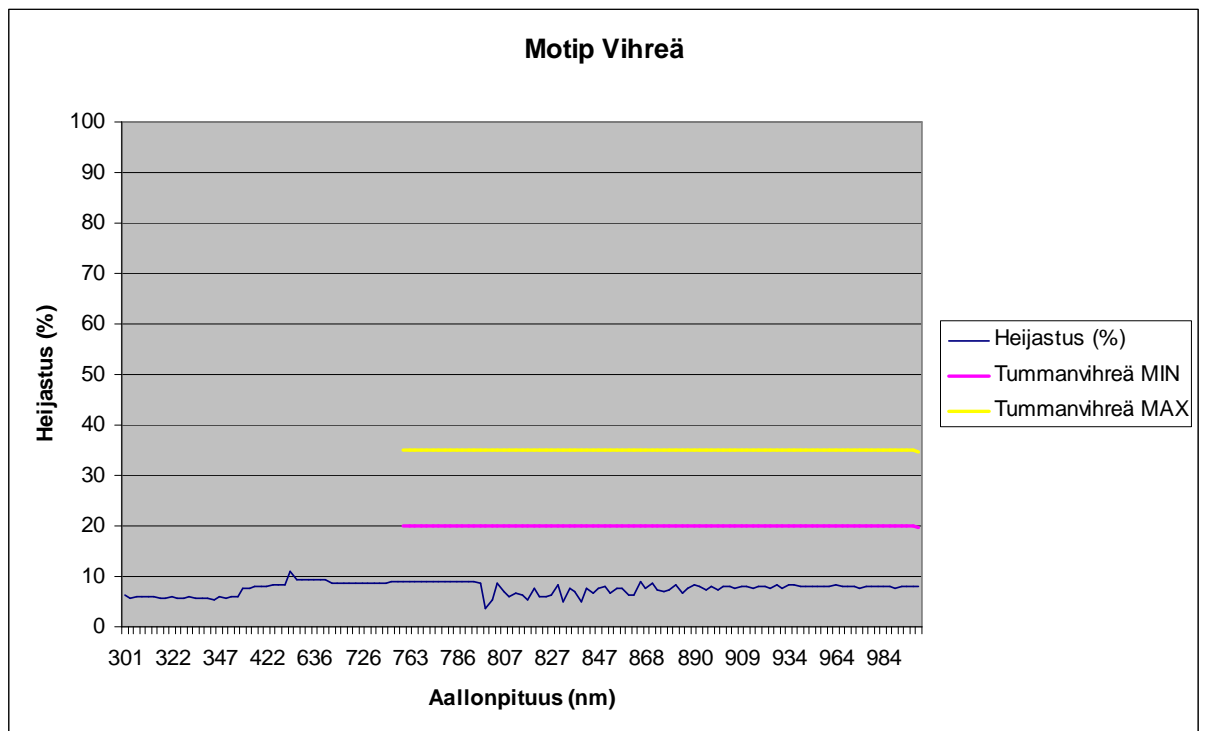
COTS-naamiointimateriaalien mittaustulokset.



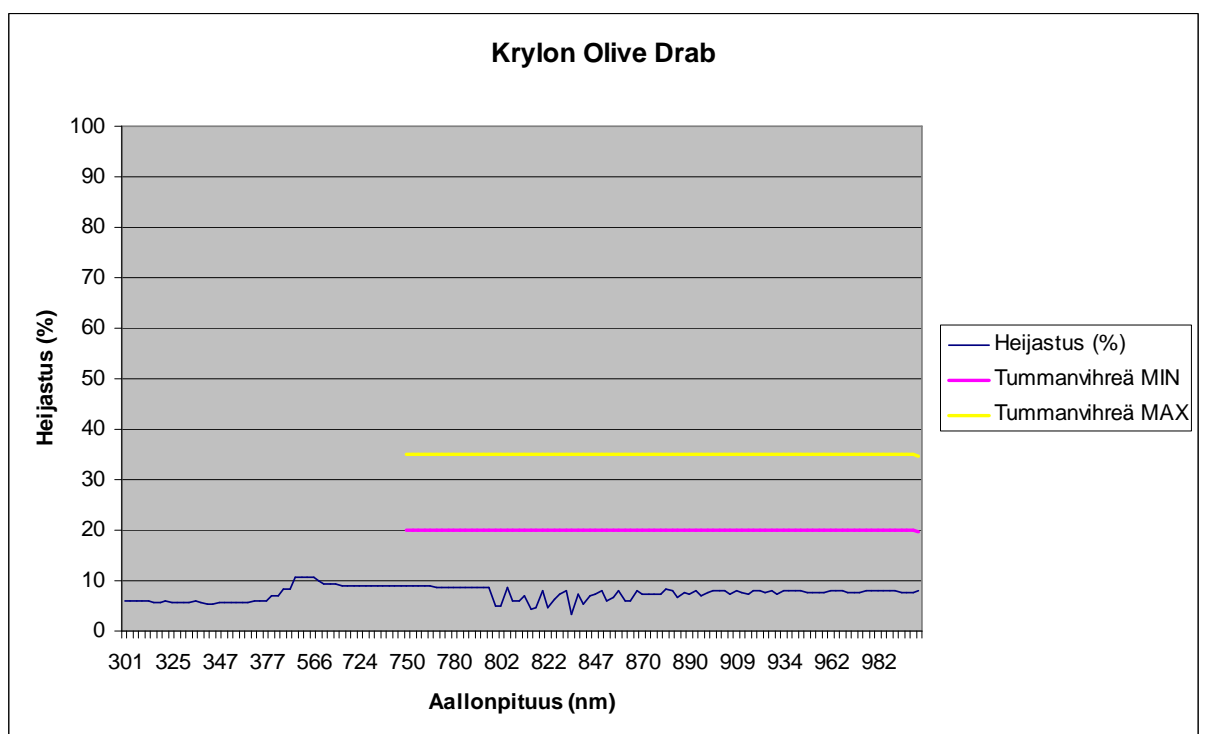
Kuva 33: Ylhäältä alas: Motip-naamiointimaalilla käsitelty kohde, Krylon-naamiointimaalilla käsitelty kohde.



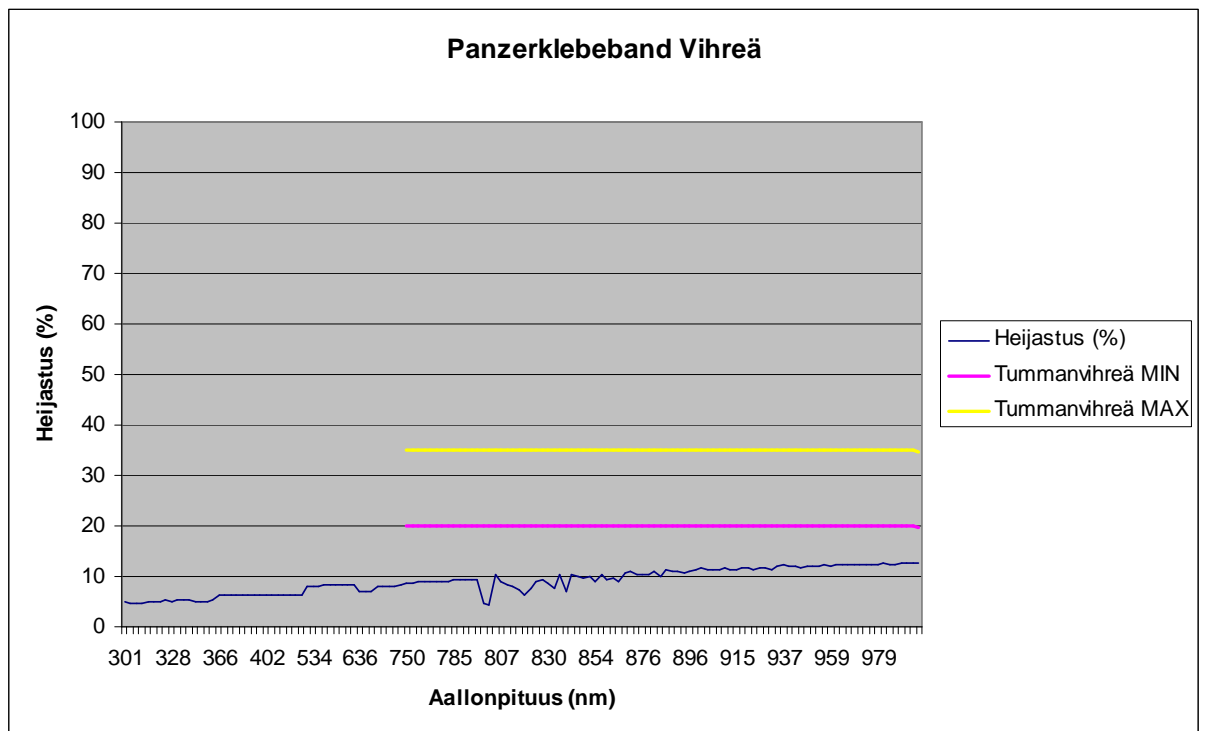
Kuva 34: Vasemmalta oikealle: Mil-Tec -naamiointiteipillä käsitelty kohde, Panzerklebeband-teipillä käsitelty kohde. Mil-Tec -naamiointiteipistä mitattiin ruskea ja tummanvihreä väri.



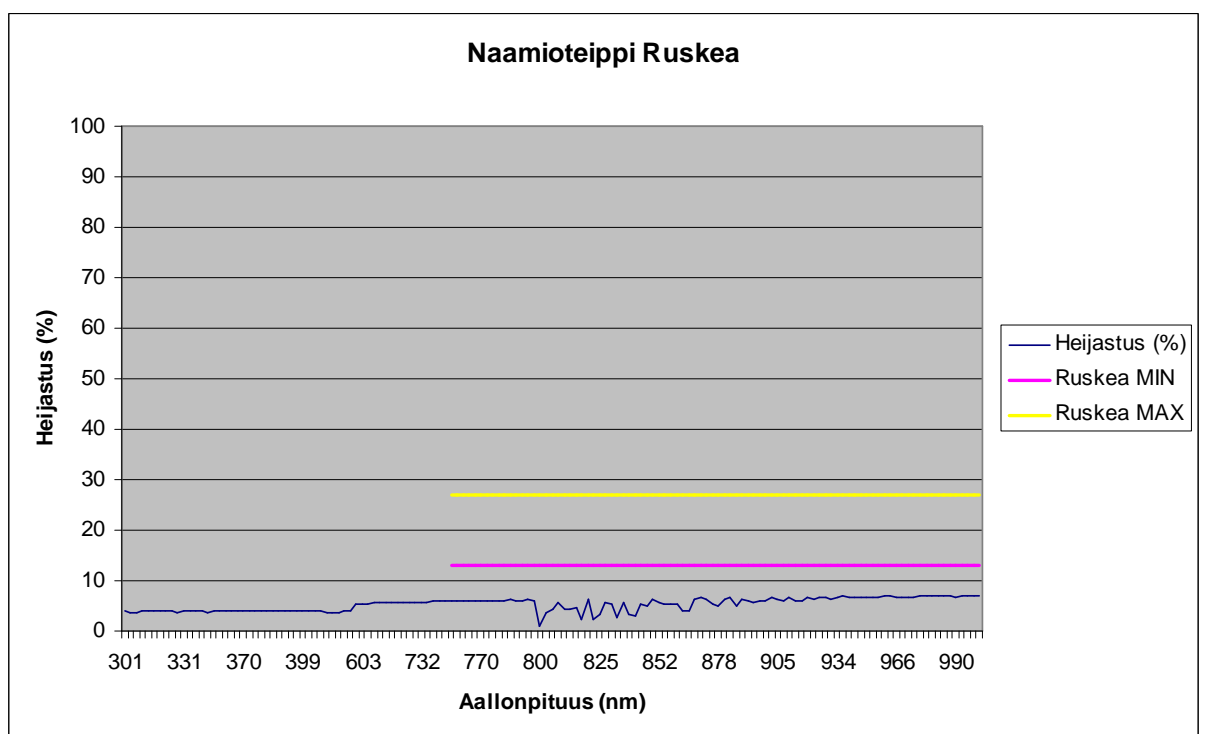
Kaavio 14: Motip-naamiointimaalin mittaustulokset.



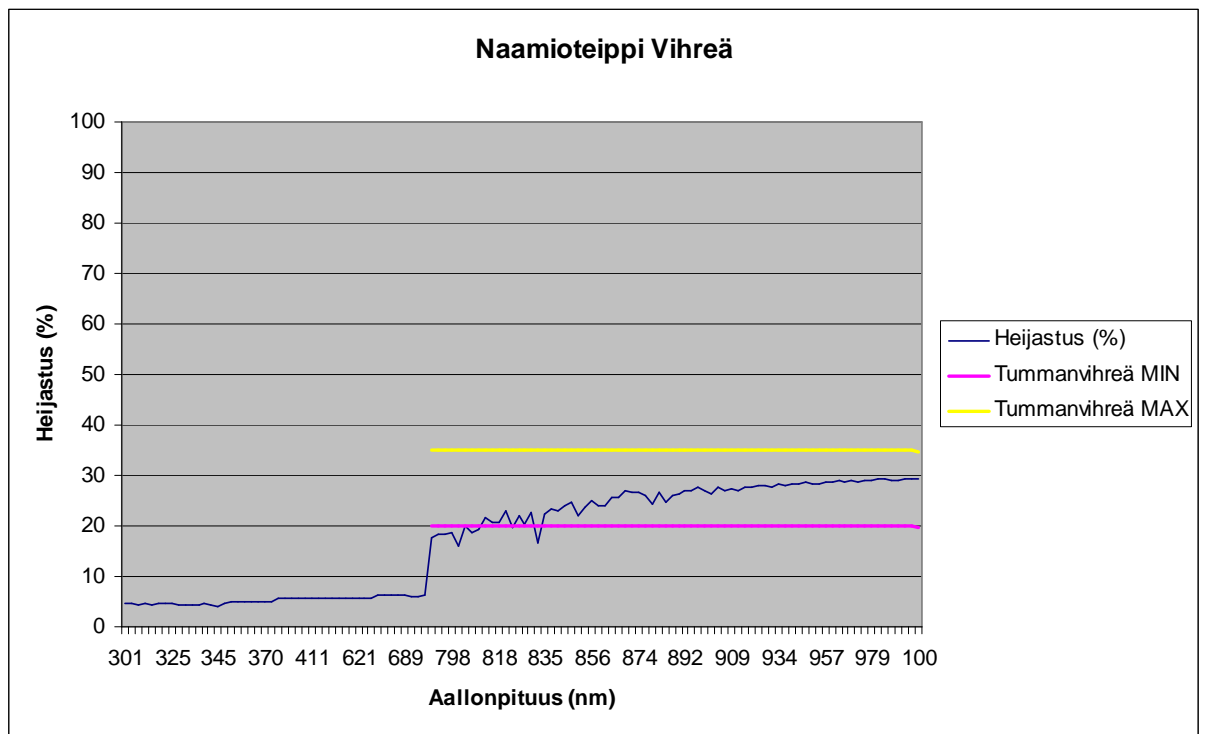
Kaavio 15: Krylon-naamiointimaalin mittaustulokset.



Kaavio 16: Panzerklebeband-teipin mittaustulokset.



Kaavio 17: Mil-Tec -naamiointiteipin ruskean värin mittaustulokset.



Kaavio 18: Mil-Tec -naamiointiteipin vihreän värin mittaustulokset.